



Departamento de Engenharia Civil

Levantamento do estado da rede, diagnóstico e propostas de ações de manutenção na rede rodoviária urbana de Miranda do Corvo

Relatório de estágio para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor

Renato Gil Ferreira Correia

Orientadores

Prof. Doutor Silvino Dias Capitão

Professor Coordenador do DEC-ISEC

Prof.^a Alexandra Maria Galvão Ribeiro

Professora Adjunta do DEC-ISEC

Coimbra, dezembro de 2015

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com ajuda e colaboração de diversos intervenientes a quem pretendo expressar os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor Silvino Dias Capitão, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), pela orientação científica deste trabalho, pelos seus ensinamentos e recomendações, pela sua dedicação e constante disponibilidade e pelo apoio e amizade demonstrada. Agradeço ainda pelos esforços desenvolvidos no sentido de mobilizar todos os recursos necessários para a realização dos trabalhos no terreno.

À Professora Alexandra Maria Galvão Ribeiro, Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), pelo seu apoio e ajuda prestada na utilização e programação do Software ArcGis e pela sua inteira disponibilidade para qualquer situação que fosse surgindo.

À Câmara Municipal de Miranda do Corvo pelo fornecimento de dados relativos aos pavimentos, pela disponibilização de material para se poder efetuar os levantamentos e transporte para o terreno.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo de todo este percurso académico, com especial agradecimento à Engenheira Daniela Antunes e Engenheira Vânia Serra, porque sem a sua preciosa ajuda o levantamento e tratamento de dados não teria sido possível.

Para terminar, gostaria de manifestar a minha enorme gratidão à minha família, em particular aos meus pais e irmã, pelo seu apoio incondicional e por sempre me proporcionarem as melhores condições possíveis ao longo do meu percurso académico, pois sem eles este trabalho nunca seria possível.

Renato Gil Ferreira Correia

Coimbra, dezembro de 2015

RESUMO

Este relatório compreende o levantamento das características de rede rodoviária do município de Miranda do Corvo com vista à implementação de procedimentos típicos dos Sistemas de Gestão da Conservação de Pavimentos. O sistema desenvolvido utiliza processos simples de observação dos pavimentos e de avaliação da sua qualidade. Além disso, permite a programação de ações de conservação com base em modelos determinísticos e probabilísticos de previsão da evolução do estado dos pavimentos. As potencialidades do modelo são evidenciadas através da sua aplicação no estabelecimento de cenários que permitem elaborar de programas de conservação da rede rodoviária de Miranda do Corvo. O ArcGIS foi o sistema de informação geográfica utilizado como ferramenta para o manuseamento da informação produzida.

No caso de estudo aplicou-se a metodologia apresentada a um conjunto de vias com 55,7 km de extensão da rede rodoviária do Município de Miranda do Corvo, de modo a demonstrar a aplicabilidade prática da metodologia, mesmo quando se dispõe de poucos recursos. Para a previsão da evolução das patologias, utilizou-se o modelo determinístico da AASHTO, para o caso de trechos com tráfego de pesados significativo, e o método das cadeias de Markov, um modelo probabilístico, para os trechos sem tráfego de pesados com significado. O caso prático possibilitou a realização de algumas análises de cenários de intervenções futuras na rede, permitindo ao decisor análises de base territorial, para o município globalmente, à freguesia e à via. Os vários cenários que a metodologia permite simular envolvem a avaliação da qualidade dos pavimentos ao longo do tempo e uma estimativa de custos para os cenários estudados.

Este trabalho termina com uma breve análise dos resultados obtidos e apresenta propostas sobre trabalhos futuros.

Palavras-Chave

Sistemas de Gestão de Pavimentos, Índice de Qualidade, Método da AASHTO, Cadeias de Markov, Sistemas de Avaliação da Qualidade e Métodos de Apoio à Decisão.

ABSTRACT

This report includes a survey of the road network of Miranda do Corvo municipality for the implementation of Pavement Management Systems' typical procedures. The developed system considers simple pavement inspection and quality evaluation processes. In addition, it allows programming of maintenance actions based on deterministic and probabilistic models to predict the evolution of pavement condition. The model's potential is evidenced through its use in establishing scenarios that enable the development of maintenance programs for the road network of Miranda do Corvo. ArcGIS was the geographic information system used as a tool to manage the produced information.

In this case study the presented methodology was applied to a set of routes with 55.7 km long belonging to the road network of Miranda do Corvo, in order to demonstrate the practical feasibility of the methodology, even when specialized means are limited. For predicting the evolution of degradation during the period of analysis, two different techniques were applied. For segments in which traffic of heavy vehicles was significant, the deterministic model of AASHTO was applied. For the cases where traffic of heavy vehicles was not significant, a probabilistic model - Markov chains - was applied. The case study made it possible to carry out some analysis of future intervention scenarios on the network, allowing the decision maker the analysis of information to the overall municipality and its smaller administrative regions, or to specific streets. The various scenarios obtained by the methodology allow simulating of pavement condition over time and a cost estimate for the studied scenarios.

This report finishes by presenting a brief analysis of the obtained results and some proposals for future developments.

Key-words

Pavement Management Systems, Present Serviceability Index, AASHTO, Markov chains, Quality Evaluation System and Decision Support Methods.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos e Metodologia de Trabalho	2
1.3	Organização do Trabalho	3
2	SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS	5
2.1	Enquadramento.....	5
2.2	Patologias nos Pavimentos	8
2.3	Base de Dados Rodoviária.....	10
2.3.1	Enquadramento.....	10
2.3.2	Sistema de referênciação	12
2.3.3	Classificação das vias	13
2.3.4	Identificação e referênciação dos trechos da rede	17
2.4	Sistema de Avaliação da Qualidade (SAQ).....	19
2.4.1	Enquadramento.....	19
2.4.2	Dados da avaliação da qualidade dos pavimentos.....	20
2.4.3	Avaliação da qualidade.....	21
2.5	Sistema de Apoio à Decisão	23
2.5.1	Enquadramento.....	23
2.5.2	Modelos de previsão do comportamento dos pavimentos.....	23
2.5.3	Programa de conservação	23
2.5.4	Sistema de custos.....	24
2.6	Órgãos de Drenagem	25
2.7	Sinalização Vertical.....	27
2.8	Marcas Rodoviárias	31
2.9	Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	33
2.10	Síntese	37
3	DEFINIÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA A CONSIDERAR NO ESTUDO ...	39
3.1	Enquadramento.....	39
3.2	Condições Climáticas do Território Estudado.....	39
3.3	Definição das Vias a Caracterizar	41
3.3.1	Seleção das vias incluídas no estudo	41
3.3.2	Hierarquização viária das vias selecionadas.....	42
3.3.3	Geometria do perfil transversal	44
3.3.4	Constituição dos pavimentos	46
3.3.5	Estabelecimento de segmentos para análise	47
3.4	Síntese	48

4	METODOLOGIA PARA A CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTADO DA REDE.....	49
4.1	Enquadramento	49
4.2	Levantamento do Estado de Conservação dos Pavimentos	49
4.3	Levantamento e Inventário do Estado de Conservação dos Órgãos de Drenagem.....	54
4.4	Inventário e Levantamento do Estado de Conservação da Sinalização Vertical	59
4.5	Inventário e Classificação das Marcas Rodoviárias.....	63
4.6	Inventário dos Passeios e Guardas de Segurança	69
4.7	Síntese	71
5	ANÁLISE DA REDE RODOVIÁRIA DE MIRANDA DO CORVO	73
5.1	Enquadramento	73
5.2	Dados de tráfego	74
5.3	Sistema de Avaliação da Qualidade (SAQ) aplicada á rede em estudo	76
5.3.1	Sistema de Avaliação da Qualidade dos pavimentos	76
5.3.2	Avaliação da Qualidade dos Órgãos de Drenagem e Sinalização	84
5.4	Previsão da Qualidade dos Pavimentos	89
5.4.1	Método da AASHTO	89
5.4.2	Método das cadeias de MARKOV.....	92
5.3.2	Avaliação da Qualidade no período de 10 anos.....	99
5.5	Avaliação simplificada de estratégias.....	107
5.5.1	Método da AASHTO	107
5.5.2	Método das Cadeias de Markov.....	111
5.5.3	Avaliação da qualidade no período de 10 anos após intervenções	112
5.6	Custos associados	122
5.7	Síntese	131
6	CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	133
6.1	Síntese do Trabalho	133
6.2	Conclusões Finais	135
6.3	Trabalhos Futuros	135
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
	APÊNDICES.....	141
APÊNDICE I.	Índice de qualidade	142
APÊNDICE II.	Avaliação da qualidade da drenagem e sinalização.....	176

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 - Ciclo da gestão da conservação [adaptado de (Meneses, 2006)]</i>	6
<i>Figura 2.2 - A evolução da qualidade dos pavimentos e a influência das ações de conservação (adaptado de Picado-Santos, 2013)</i>	6
<i>Figura 2.3 - Hierarquização viária (adaptado de Seco et al., 2006)</i>	16
<i>Figura 2.4 - Percentagens de utilização das funções de acessibilidade e distribuição (adaptado de Seco et al., 2006)</i>	16
<i>Figura 2.5 – Valeta de plataforma revestida com betão</i>	26
<i>Figura 2.6 – Valeta de berma</i>	27
<i>Figura 2.7 – Atravessamento hidráulico (AH)</i>	27
<i>Figura 2.8 – Sinais de perigo (adaptado de Roque, s.d. b)</i>	28
<i>Figura 2.9 – Sinais de cedência de passagem (adaptado de Roque, s.d. b)</i>	28
<i>Figura 2.10 – Sinais de proibição (adaptado de (Roque, s.d. b)</i>	29
<i>Figura 2.11 – Sinais de obrigação (adaptado de (Roque, s.d. b)</i>	29
<i>Figura 2.12 – Sinais de informação (adaptado de Roque, s.d. b)</i>	29
<i>Figura 2.13 – Sinais de direção (adaptado de Roque, s.d. b)</i>	30
<i>Figura 2.14 - Sinais de identificação de localidades (adaptado de Roque, s.d. b)</i>	30
<i>Figura 2.15 - Sinais luminosos</i>	30
<i>Figura 2.16 – Marcas longitudinais (adaptado de Roque, s.d. c)</i>	31
<i>Figura 2.17 – Marcas transversais (passagem para peões) (adaptado de Roque, s.d. c)</i>	31
<i>Figura 2.18 – Marcas diversas e guias (bandas cromáticas) (adaptado de Roque, s.d. c)</i>	32
<i>Figura 2.19 – Marcas diversas e guias (LRV- com e sem passagem de peões) (adaptado de Roque, s.d. c)</i>	32
<i>Figura 2.20 – Guarda de segurança flexível (perfil W)</i>	33
<i>Figura 2.21 – Referenciação linear (localização de eventos) (adaptado de (ESRI, s.d.)</i>	34
<i>Figura 2.22 – Referenciação linear – formas de localização de eventos lineares e pontuais (adaptado de (ESRI, s.d.)</i>	34
<i>Figura 2.23 – Referenciação linear de diferentes eventos (adaptado de (ESRI, s.d.)</i>	35
<i>Figura 2.24 – Referenciação linear (localização de eventos) (adaptado de (ESRI, s.d.)</i>	35
<i>Figura 2.25 – Referenciação linear (localização de eventos) (adaptado de (ESRI, s.d.)</i>	36
<i>Figura 3.1 – Zonas climáticas de Portugal (adaptado de Baptista, 1999)</i>	40
<i>Figura 3.2 – Hierarquização viária do Município</i>	43
<i>Figura 3.3 – Perfil transversal tipo em reta</i>	44
<i>Figura 3.4 – Perfil transversal tipo em curva na zona de sobrelevação máxima</i>	44
<i>Figura 3.5 – Estrutura do pavimento das estradas ER 17 e ER 342</i>	46
<i>Figura 3.6 – Estrutura do pavimento das restantes vias</i>	47
<i>Figura 3.7 – Constituição da MD 556</i>	47
<i>Figura 4.1 – Ficha de observação de pavimentos (adaptado de Meneses, 2006)</i>	50
<i>Figura 4.2 – Catálogo de Patologias (Picado-Santos, 2013)</i>	52
<i>Figura 4.3-Exemplo de cálculo do IQ (Picado-Santos, 2013)</i>	53
<i>Figura 5.1 – Ciclo de vida dos pavimentos rodoviários [adaptado de (Oliveira et al, s.d.)]</i>	73

Figura 5.2 – Efeito das ações de conservação no estado de um pavimento ao longo do tempo [adaptado de (Santos, 2014)]	74
Figura 5.3 – IQ das vias calculado com base no levantamento efetuado no ano 0.....	78
Figura 5.4 – IQ dos trechos na via ER 17-1 (ano 0).....	79
Figura 5.5 – Percentagem da extensão de cada uma das vias por classes de IQ (ano 0).....	80
Figura 5.6 – Extensão de cada uma das vias por classe de IQ (ano 0)	81
Figura 5.7 – Extensão total de vias, em percentagem e em metros, por classe de IQ (ano 0)	81
Figura 5.8 – IQ das vias da freguesia de Miranda do Corvo	82
Figura 5.9 – Percentagem e extensão da rede, por classe de IQ e por freguesia	84
Figura 5.10 – Localização e estado de conservação da sinalização na via MD 556	85
Figura 5.11 – Sistema de drenagem na via MD 556.....	88
Figura 5.12 – Evolução do IQ ao longo do período de análise na via ER 17-1	91
Figura 5.13 - Resultado da aplicação do modelo de Markov na Rua Vialonga/Souravas, usando o vetor de estado inicial do ano de 2015 e a MPT.....	97
Figura 5.14 – Evolução do IQ na Rua Vialonga/Souravas	99
Figura 5.15 – Previsão do IQ dos trechos/vias em estudo, sem intervenções (ano 2: 2017).....	100
Figura 5.16 – Previsão do IQ dos trechos/vias em estudo sem intervenções (ano 6: 2021).....	101
Figura 5.17 – Previsão do IQ dos trechos da via ER 17-1 sem intervenções (ano 2: 2017).....	102
Figura 5.18 – Previsão do IQ dos trechos da via ER 17-1, sem intervenções (ano 6: 2021).....	103
Figura 5.19 – Previsão da evolução da extensão da rede em cada uma das classes de IQ (valores obtidos a partir da agregação por via).....	104
Figura 5.20 – Previsão da evolução da percentagem da rede em cada uma das classes de IQ (valores obtidos a partir da agregação por via).....	104
Figura 5.21 – Evolução da extensão da rede por classe de IQ das vias da freguesia de Miranda do Corvo.....	106
Figura 5.22 – Evolução da percentagem da extensão da rede por classe de IQ das vias da freguesia de Miranda do Corvo.....	106
Figura 5.23 – Classes de IQ na rede com intervenções para obtenção de um NMQ de 2 (ano 2)	113
Figura 5.24 – Classes de IQ na rede com intervenções para obtenção de um NMQ de 2 (ano 6)	114
Figura 5.25 – Evolução da extensão da rede por classe de IQ (10 anos) com intervenções que garantam um NMQ de 2	115
Figura 5.26 – Evolução das percentagens de extensão da rede por classes de IQ (10 anos) com intervenções que garantam um NMQ de 2.....	115
Figura 5.27 – Classes de IQ (10 anos) com intervenções na freguesia de Miranda do Corvo para um NMQ de 2.....	116
Figura 5.28 – Evolução das percentagens das classes de IQ (10 anos) com intervenções dos tipos 2 e B	118
Figura 5.29 – Evolução das percentagens das classes de IQ (10 anos) com intervenções do tipo 2 (ER 17-1).	119
Figura 5.30 – Evolução das percentagens da extensão da via por classe de IQ (10 anos) com intervenções do tipo B (Rua Vialonga/Souravas).....	119
Figura 5.31 – Evolução do IQ (10 anos) com intervenções do tipo B (Rua Vialonga/Souravas)	120
Figura 5.32 – Evolução das percentagens das classes de IQ (10 anos) com intervenção do tipo MB (Rua Vialonga/Souravas)	120
Figura 5.33 – Evolução do IQ (10 anos) com intervenção do tipo MB (Rua Vialonga/Souravas)	121
Figura 5.34 – Evolução da extensão da via por classe de IQ (10 anos) com intervenção do tipo 5 na Via ER 17-1.....	121
Figura 5.35 – Custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ 2	126

<i>Figura 5.36 – Custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ 2,5</i>	<i>127</i>
<i>Figura 5.37 – Gráfico de custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ=2</i>	<i>129</i>
<i>Figura 5.38 – Gráfico de custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ=2,5</i>	<i>130</i>
<i>Figura 5.39 – Custos das intervenções anuais na ER 17-1 e Rua Vialonga/Souravas.....</i>	<i>130</i>

ÍNDICE DE QUADROS

<i>Quadro 2.1 – Resumo das principais características do sistema simplificado de gestão de pavimentos (SGP) adotado</i>	7
<i>Quadro 2.2 – Famílias e tipos de degradações em pavimentos flexíveis [adaptado de (Branco et al, 2008)]</i>	8
<i>Quadro 2.2 – Famílias e tipos de degradações em pavimentos flexíveis [adaptado de (Branco et al, 2008)] (cont.)</i>	9
<i>Quadro 2.3 - Famílias e tipos de patologias de pavimentos rígidos [adaptado de (Branco et al, 2008)]</i>	9
<i>Quadro 2.4 - Famílias e tipos de patologias de pavimentos semirrígidos [adaptado de (Branco et al, 2008)]</i> ..	10
<i>Quadro 2.5 - Grupo de dados que constituem a BDR (adaptado de Ferreira et al, 2006)</i>	11
<i>Quadro 2.5 - Grupo de dados que constituem a BDR [adaptado de (Ferreira et al, 2006)] (Cont.)</i>	12
<i>Quadro 2.6 - Conjuntos de dados considerados na Base de Dados Rodoviária (BDR) adotada</i>	13
<i>Quadro 2.7 - Classes e elementos de tráfego (adaptado de JAE, 1995)</i>	19
<i>Quadro 2.8. - Dados da avaliação da qualidade dos pavimentos adotados no sistema da Infraestruturas de Portugal (adaptado de Meneses, 2006)</i>	20
<i>Quadro 2.8. - Dados da avaliação da qualidade dos pavimentos adotados no sistema da Infraestruturas de Portugal (adaptado de Meneses, 2006) (Cont.)</i>	21
<i>Quadro 2.9 – Resumo das principais características do Sistema de Avaliação de Qualidade adotado (adaptado de Ferreira, 2001)</i>	22
<i>Quadro 3.1 – Largura das vias</i>	45
<i>Quadro 4.1 - Valores de IRI [adaptado de (Picado-Santos, 2013)]</i>	52
<i>Quadro 4.2 – Graduação e classificação do IQ</i>	53
<i>Quadro 4.3 – Resumo da classificação do estado das valetas</i>	54
<i>Quadro 4.3 – Resumo da classificação do estado das valetas (Cont.)</i>	55
<i>Quadro 4.4 – Exemplo do levantamento e inventário de valetas</i>	56
<i>Quadro 4.5 – Resumo da classificação do estado dos atravessamentos hidráulicos (AH)</i>	57
<i>Quadro 4.5 – Resumo da classificação do estado dos atravessamentos hidráulicos (AH) (Cont.)</i>	58
<i>Quadro 4.6 – Exemplo do levantamento e inventário dos atravessamentos hidráulicos (AH)</i>	58
<i>Quadro 4.7 – Resumo da classificação da sinalização vertical</i>	59
<i>Quadro 4.7 – Resumo da classificação da sinalização vertical (Cont.)</i>	60
<i>Quadro 4.8 – Exemplo do inventário e levantamento da sinalização vertical</i>	61
<i>Quadro 4.8 – Exemplo do inventário e levantamento da Sinalização Vertical (Cont.)</i>	62
<i>Quadro 4.8 – Exemplo do inventário e levantamento da Sinalização Vertical (Cont.)</i>	63
<i>Quadro 4.9 – Resumo da classificação das marcas rodoviárias</i>	64
<i>Quadro 4.9 – Resumo da classificação das marcas rodoviárias (Cont.)</i>	65
<i>Quadro 4.10 – Exemplo do inventário e levantamento de marcas rodoviárias longitudinais</i>	65
<i>Quadro 4.10 – Exemplo do Inventário e levantamento de marcas rodoviárias longitudinais (Cont.)</i>	66
<i>Quadro 4.11 – Resumo da classificação das marcas rodoviárias transversais e lombas redutoras de velocidade (LRV)</i>	67

Quadro 4.11 – Resumo da classificação das Marcas Rodoviárias (marcas transversais) e lombas redutoras de velocidade (LRV) (cont.).....	68
Quadro 4.12 – Exemplo do Inventário e levantamento da Sinalização Horizontal (marcas transversais)	68
Quadro 4.12 – Exemplo do Inventário e levantamento da Sinalização Horizontal (marcas transversais) (Cont.).....	69
Quadro 4.13 – Exemplo do inventário e levantamento dos passeios (P).....	70
Quadro 4.14 – Exemplo do inventário e levantamento das guardas de segurança (GS)	71
Quadro 5.1 – Valores de TMDAp das vias analisadas	75
Quadro 5.1 – Valores de TMDAp das vias analisadas (Cont.)	76
Quadro 5.2 – Índices de qualidade das vias analisadas (ano 0)	76
Quadro 5.2 – Índices de qualidade das vias analisadas (ano 0) (Cont.)	77
Quadro 5.3 - Percentagem e extensão das classes de IQ por freguesia	83
Quadro 5.4 - Sinalização vertical por freguesia e no município	86
Quadro 5.4 - Sinalização vertical por freguesia e no município (Cont.).....	87
Quadro 5.5 - Totais do sistema de drenagem (valetas) por freguesia e para todo o município	87
Quadro 5.6 - Matriz de Probabilidades de Transição Base [adaptado de (Rayya et al., 2014)].....	92
Quadro 5.7 - Matriz de probabilidade de transição usada no exemplo de aplicação (Santos, 2014)	95
Quadro 5.8 – Aplicação de cadeias de Markov à Rua Vialonga/Souravas, utilizando um vetor inicial para o ano de 2015.....	96
Quadro 5.9 - Modelo de Markov utilizando o vetor de estado inicial, a MPT e a média do IQ que caracteriza o estado de conservação (WAC), na Rua Vialonga/Souravas	98
Quadro 5.10 – Evolução da percentagem e extensão da rede, por classe de IQ no município	105
Quadro 5.11 – Níveis de intervenção e custos associados [adaptado de (Picado-Santos, 2013)].....	107
Quadro 5.12 – Estrutura das intervenções e custos associados [adaptado de (Picado-Santos, 2013)]	108
Quadro 5.12 – Estrutura das intervenções e custos associados [adaptado de (Picado Santos, 2013)] (Cont.)	109
Quadro 5.13 – Coeficientes estruturais [adaptado de (Santos, 2014)]	109
Quadro 5.14 – Variação do SN (ΔSN) com as respetivas intervenções [adaptado de (Meneses, 2006)].....	110
Quadro 5.15 – Valores de M_r em relação ao IQ	110
Quadro 5.16 – Intervenções consideradas adequadas para a reparação dos diferentes tipos de patologias .	111
Quadro 5.17 – Designação das intervenções e o correspondente acréscimo de IQ esperado	111
Quadro 5.17 – Designação das intervenções e o correspondente acréscimo de IQ esperado (Cont.).....	112
Quadro 5.18 – Evolução da extensão das vias em todas as freguesias com intervenções (10 anos)	117
Quadro 5.18 – Evolução da extensão das vias em todas as freguesias com intervenções (10 anos) (Cont.) ...	118
Quadro 5.19 – Relação entre os tipos de intervenções e respetivos custos	123
Quadro 5.20 – Distribuição das áreas por tipos de intervenção.....	123
Quadro 5.20 – Distribuição das áreas por tipos de intervenção (Cont.).....	124
Quadro 5.21 – Áreas por tipos de intervenção e custos associados para o ano 0 (2015)	124
Quadro 5.22 – VA por freguesia ao longo dos 10 anos para um $NMQ=2$	128

ÍNDICE DE QUADROS EM APÊNDICE

Quadro I-1 – Extensão das vias por classe de IQ (ano 0).....	142
Quadro I-2 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos, na via ER 342 (sem intervenções - AASHTO)	143
Quadro I-3 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MC 555 (sem intervenções - AASHTO).....	143
Quadro I-3 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MC 555 (sem intervenções - AASHTO) (Cont.)	144
Quadro I-4 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via ER 342 (sem intervenções - AASHTO)	144
Quadro I-5 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MD 1205-1 (sem intervenções - AASHTO)	145
Quadro I-6 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MD 568 (sem intervenções - AASHTO)	145
Quadro I-6 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MD 568 (sem intervenções - AASHTO) (Cont.).....	146
Quadro I-7 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua 25 de Abril (sem intervenções - AASHTO).....	146
Quadro I-8 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua da Estação (sem intervenções - AASHTO).....	147
Quadro I-9 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua S. C. Lopes (sem intervenções - AASHTO)	147
Quadro I-9 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua S. C. Lopes (sem intervenções - AASHTO) (Cont.)	148
Quadro I-10 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua da Estação (sem intervenções - AASHTO).....	148
Quadro I-11 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na Avenida Padre Américo E-O (sem intervenções - Markov).....	149
Quadro I-12 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (sem intervenções - Markov).....	149
Quadro I-12 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (sem intervenções - Markov) (Cont.).....	150
Quadro I-13 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1203 / MD 1153 (sem intervenções - Markov)	150
Quadro I-14 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1207 / MD 1208 (sem intervenções - Markov)	150
Quadro I-14 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1207 / MD 1208 (sem intervenções - Markov) (Cont.)	151

Quadro I-15 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1214 (sem intervenções - Markov).....	151
Quadro I-16 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1217 (sem intervenções - Markov).....	152
Quadro I-17 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 556 (sem intervenções - Markov).....	152
Quadro I-17 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 556 (sem intervenções - Markov) (Cont.).....	153
Quadro I-18 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 564 (sem intervenções - Markov).....	153
Quadro I-19 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua do Boqueiro (sem intervenções - Markov)	153
Quadro I-19 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua do Boqueiro (sem intervenções - Markov) (Cont.).....	154
Quadro I-20 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Dr. Mota Pinto (sem intervenções - Markov)	154
Quadro I-21 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Vialonga/Souravas (sem intervenções - Markov)	155
Quadro I-22 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. II (sem intervenções - Markov)	155
Quadro I-22 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. II (sem intervenções - Markov) (Cont.)	156
Quadro I-23 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via Rua Z. I. III (sem intervenções - Markov).....	156
Quadro I-24 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. IV (sem intervenções - Markov).....	156
Quadro I-24 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. IV (sem intervenções - Markov) (Cont.)	157
Quadro I-25 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Zona Industrial (sem intervenções - Markov).....	157
Quadro I-26 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via ER 17-1 (com intervenções do tipo 2)	158
Quadro I-27 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via ER 342 (com intervenções do tipo 2)	158
Quadro I-27 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via ER 342 (com intervenções do tipo 2) (Cont.).....	159
Quadro I-28 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MC 555 (com intervenções do tipo 2).....	159
Quadro I-29 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MC 633 (com intervenções do tipo 2).....	160
Quadro I-30 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1205-1 (com intervenções do tipo 2)	160
Quadro I-30 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1205-1 (com intervenções do tipo 2) (Cont.).....	161

Quadro I-31 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 568 (com intervenções do tipo 2)	161
Quadro I-32 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua 25 de Abril (com intervenções do tipo 2)	162
Quadro I-33 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua da Estação (com intervenções do tipo 2)	162
Quadro I-33 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua da Estação (com intervenções do tipo 2) (Cont.)	163
Quadro I-34 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua 25 de Abril (com intervenções do tipo 2)	163
Quadro I-35 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Vialonga/Souravas (com intervenções do tipo B)	164
Quadro I-36 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via Avenida Padre Américo E-O (com intervenções do tipo B)	164
Quadro I-36 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo E-O (com intervenções do tipo B) (Cont.)	165
Quadro I-37 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1217/Souravas (com intervenções do tipo B)	165
Quadro I-38 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (com intervenções do tipo B)	166
Quadro I-39 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1203/MD 1153 (com intervenções do tipo B)	166
Quadro I-39 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (com intervenções do tipo B) (Cont.)	167
Quadro I-40 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1207/MD 1208 (com intervenções do tipo B)	167
Quadro I-41 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1214 (com intervenções do tipo B)	168
Quadro I-42 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 556 (com intervenções do tipo B)	168
Quadro I-42 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 556 (com intervenções do tipo B) (Cont.)	169
Quadro I-43 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 564 (com intervenções do tipo B)	169
Quadro I-44 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua do Boqueiro (com intervenções do tipo B)	170
Quadro I-45 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Dr. Mota Pinto (com intervenções do tipo B)	170
Quadro I-45 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Dr. Mota Pinto (com intervenções do tipo B) (Cont.)	171
Quadro I-46 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. II (com intervenções do tipo B)	171
Quadro I-47 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. III (com intervenções do tipo B)	172

<i>Quadro I-48 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. IV (com intervenções do tipo B)</i>	<i>172</i>
<i>Quadro I-48 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. IV (com intervenções do tipo B) (Cont.)</i>	<i>173</i>
<i>Quadro I-49 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. (com intervenções do tipo B)</i>	<i>173</i>
<i>Quadro I-50 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Vialonga/Souravas (com intervenções do tipo MB)</i>	<i>174</i>
<i>Quadro I-51 – Previsão da evolução da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via ER 17-1 (com intervenções do tipo 5)</i>	<i>174</i>
<i>Quadro I-51 – Projeção da evolução do IQ ao longo dos 10 anos na via ER 17-1 (com intervenções - AASHTO) (Cont.)</i>	<i>175</i>
<i>Quadro II-1 – Marcas rodoviárias por freguesia e no município.....</i>	<i>176</i>
<i>Quadro II-2 - Órgãos de drenagem (AH) por freguesia e no município</i>	<i>176</i>
<i>Quadro II-3 - Marcas rodoviárias (passagens para peões) por freguesia e no município.....</i>	<i>177</i>

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

α – Coeficiente de agressividade ou fator de equivalência de danos entre veículo pesado e eixo padrão

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

AH – Atravessamento hidráulico

BD – Betão betuminoso em camada de desgaste

BDR – Base de Dados Rodoviária

BG – Base Granular

C – Área com fendilhamento e pele de crocodilo ($m^2/100m^2$, em %)

CBR – California Bearing Ratio

CF – Fator de estado

C_n^d – Coeficiente de drenagem da camada n

C_n^e – Coeficiente estrutural da camada n

COV_t – Custos de operação dos veículos no ano t (€/km/veículo)

C_{rehab} – Custo da última ação de reabilitação aplicada ao pavimento

H_{nt} – Espessura da camada n no ano t (mm)

ΔIQ_t – Diferença entre o valor do IQ no ano da construção ou da última reabilitação e o IQ no ano t

ΔSN – Variação do número estrutural

EP – Estradas de Portugal, S.A.

ER – Estrada regional

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

$F_{(r,t)}$ – Fator de atualização

IQ – Índice de Qualidade

IQ_{rehab} – Valor do IQ posterior à aplicação da última ação de reabilitação aplicada ao pavimento

IQ_t – Valor do IQ do pavimento no ano t

IQ_{T+1} – Valor do IQ do pavimento no ano $t+1$

IRI – International Roughness Index (irregularidade longitudinal do pavimento (mm/km))

ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

LRV – Lomba redutora de velocidade

MACOPAV – Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional

MB – Macadame Betuminoso

MBD – Macadame Betuminoso em camada de base

MC – Municipal coletora

MD – Municipal distribuidora

MPT – Matriz Probabilidade de transição

MPT^t – Matriz Probabilidade de transição elevada à potencia de t

M_R – Módulo de deformabilidade do solo de fundação

M_{R_t} – Módulo de deformabilidade do solo de fundação no ano t

N_{80}^{Dim} – Número acumulado de eixos padrão de 80 kN

N_{130}^{dim} – Número acumulado de eixos padrão de 130 kN

$N_{80_t}^{Dim}$ – Número acumulado de eixos padrão de 80 kN no ano t e na via mais solicitada, desde a construção ou da última reabilitação

NEEP – Número equivalente de eixos padrão

n_{ij} – Número (ou comprimento total) de troços em transição do estado i para o estado j dentro de um determinado período de tempo

n_i – Número total (ou comprimento total) de seções no estado i antes da transição.

NMQ – Nível mínimo de qualidade

P – Área com reparações ($m^2/100m^2$, em %)

PH – Passagens hidráulicas

P_{ij} – Probabilidades de transição, indicam a probabilidade de uma parte da rede no estado de conservação i passar para o estado j num ciclo de serviço

PSI – Present Serviceability Index

r – Taxa de desconto;

R – Profundidade média das rodeiras (mm)

RL – Vida remanescente de um pavimento (%)

S – Área com degradação superficial de materiais como o conjunto das “deteriorações superficiais” e as covas ($m^2/100m^2$, em %)

SAD – Sistemas de Apoio à Decisão

SAQ – Sistemas de Avaliação da Qualidade

SbG – Sub-base Granular

Se – Sobrelevação

SI – Sobrelargura

SGP – Sistemas de Gestão de Pavimentos

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SN – Número estrutural do pavimento

SN_t – Número estrutural do pavimento no ano t

S₀ – Erro padrão combinado relativo à previsão do tráfego e desempenho dos pavimentos

t – Número de anos

tc – Taxa média de crescimento anual do tráfego pesado (**t**)

TMDA_p – Tráfego Médio Diário Anual de veículos pesados

VA – Valores atualizados

V_{T+1} – Valor residual do pavimento no ano t+1

WAC – Valor médio ponderado do estado de conservação

X(t) – Vetor de distribuição de estado no instante t

X(0) – Vetor de distribuição de estado no instante 0

Y_t – Idade do pavimento desde a construção ou da última reabilitação (anos).

Z_R – Desvio padrão

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Para um bom desenvolvimento socioeconómico de qualquer país é de grande importância que as infraestruturas rodoviárias se apresentem e mantenham em bom estado de conservação. A rede deve estruturar-se de forma a definir uma hierarquia coerente, formada por grandes eixos e vias de importância menor, assegurando a adequada acessibilidade aos pontos relevantes do território. Ao longo dos anos registou-se uma evolução na estrutura da rede, alterações nas características de traçado das vias, para que as estradas proporcionassem maiores velocidades e segurança na circulação. Além disso, foram sendo adotadas especificações mais exigentes para as várias componentes da obra (terraplenagens, drenagem, pavimentação, sinalização e segurança). Como resultado do processo referido, nas últimas décadas deu-se uma assinalável evolução, na conceção dos pavimentos, nos materiais utilizados, nos métodos de dimensionamento e nas práticas construtivas. Tem sido dada especial atenção à pavimentação, devido ao seu peso significativo no custo da construção rodoviária e a superfície do pavimento estar diretamente associada à comodidade e segurança dos utentes (Branco et al, 2008).

Após a abertura ao tráfego, é necessário preservar as infraestruturas existentes, designadamente os pavimentos, as obras de arte, a sinalização e os equipamentos de segurança). Para isso, têm sido implementados Sistemas de Gestão da Infraestrutura, nos quais se enquadram os Sistemas de Gestão de Pavimentos (SGP). Em geral, estes são implementados para apoiar as decisões sobre a estratégia de reabilitação e conservação, por vezes designada por estratégia dos 3 C: “o tratamento certo, no tempo certo, no local certo”. As estratégias de conservação desenvolvem-se com base em informação rodoviária fiável e atualizada, relativa à observação do comportamento e análise dos dados de caracterização do estado da rede, considerando certos padrões de qualidade da infraestrutura, ou a disponibilidade de meios financeiros (Pereira et al, 2007). Em geral, a ativação das ações de conservação está relacionada com Índices de Qualidade (IQ) baixos, determinados através de Sistemas de Avaliação de Qualidade (SAQ). Os SGP também servem para estimar os custos associados a determinada estratégia de conservação, de modo a manter a rede acima de um nível mínimo de qualidade previamente estabelecido, podendo ainda prever onde e quando serão necessárias as atuações nos pavimentos. A previsão da evolução da degradação do pavimento num certo período de tempo, faz-se através de modelos de previsão de comportamento. Nos SGP mais desenvolvidos, é possível obter soluções para as melhores decisões possíveis no que diz respeito ao estado da

rede associada a determinada estratégia, com os recursos financeiros disponíveis (Santos, 2014).

A previsão do estado dos pavimentos baseia-se em modelos matemáticos de previsão de comportamento dos pavimentos, partindo do seu estado atual, dos fatores de degradação e dos efeitos das ações de conservação. Os modelos mais divulgados são probabilísticos ou determinísticos. Ambos incluem parâmetros com alguma subjetividade, o que pode levar a conclusões algo diferentes, em função das decisões tomadas no processo (Santos, 2014).

A necessidade de fazer análises de base espacial para priorizar as intervenções ao nível da conservação dos pavimentos para a melhor gestão dos investimentos, levou à necessidade de se utilizarem sistemas de informação geográfica (SIG). Estes permitem integrar as dimensões espacial, económica, técnica e temporal na tomada de decisões, além de permitirem a produção de informação gráfica muito útil, quer ao decisor, quer ao processo de comunicação com a sociedade.

A estrada deve ser considerada uma infraestrutura através da qual é possível, com fiabilidade, circular com conforto e segurança, e com impactos ambientais cada vez menores, contribuindo ativamente para a melhoria da qualidade de vida. No entanto, ainda é frequente os pavimentos necessitarem de intervenções de conservação não previstas, mesmo antes de atingirem o final do período de vida para o qual foram projetados e construídos, com custos significativos quer para a administração rodoviária, quer em particular para os utentes, (Pereira et al, 2007).

Também a sinalização rodoviária (marcas rodoviárias – MR e sinalização vertical – SV) e o sistema de drenagem são parte integrante e fundamental das redes viárias. A sinalização tem como função regular o trânsito, indicando aos utentes da via a forma correta e segura como esta deve ser utilizada (Roque, S.D.). Os órgãos de drenagem são dispositivos que têm a função de afastar a água das estradas, seja ela proveniente de precipitação ou de escoamentos subterrâneos.

O presente trabalho corresponde à implementação de um Sistema simplificado de Gestão dos Pavimentos para a rede rodoviária do Município de Miranda do Corvo. Para tal usou-se como referência outros Sistemas de Gestão de Pavimentos, tendo-se realizado as necessárias alterações por forma a adequá-lo à realidade deste Município.

1.2 Objetivos e Metodologia de Trabalho

Este trabalho tinha como objetivo a utilização de metodologias simples que permitam uma gestão mais racional da conservação de pavimentos de um município de pequena dimensão. A metodologia foi aplicada nas principais vias rodoviárias do município de Miranda do Corvo, num total de aproximadamente 55 km de extensão, tendo como ponto de partida a inspeção visual da superfície dos pavimentos realizada no âmbito do estágio. O levantamento visual das degradações possibilitou a caracterização do pavimento no momento da observação, a projeção

da evolução do índice de qualidade (IQ) dos pavimentos a curto e médio prazo (até 10 anos), a proposta de ações de conservação e a quantificação dos respectivos custos para o município.

Neste trabalho também se inventariou e analisou o estado de conservação dos órgãos de drenagem superficial, a sinalização vertical e as marcas rodoviárias, assim como a sua localização na via, para avaliar o seu nível de conservação.

Para prever a evolução dos IQ do pavimento ao longo dos 10 anos após o levantamento, foram usadas duas metodologias diferentes. O método da AASHTO, um método determinístico, no qual a evolução da qualidade ao longo do tempo depende em grande medida do tráfego de pesados, foi aplicado em itinerários onde este tipo de tráfego era considerável, e o método baseado em cadeias de Markov, um método probabilístico, usado em itinerários onde o tráfego de pesados era pouco significativo. Por último, a metodologia utilizada no cálculo dos custos de conservação associados a cinco tipos de intervenções, baseou-se na possibilidade de definição, pela administração, de dois níveis mínimos de qualidade (NMQ), ou seja, dois valores de IQ (2; 2,5), e na consideração de uma taxa de desconto, aplicável a investimentos no período de análise, com um nível percentual de 2,5, de modo a ter em conta o valor do dinheiro no tempo.

1.3 Organização do Trabalho

A dissertação é constituída por seis capítulos e dois apêndices cuja organização e conteúdo se sintetizam neste subcapítulo.

Neste primeiro capítulo é feito o enquadramento do trabalho, sendo referidos os aspetos mais gerais relativos ao tema tratado. São ainda definidos os objetivos, a metodologia empregue para os atingir e, finalmente, uma breve descrição da organização do trabalho.

No Capítulo 2 apresenta-se uma descrição geral da composição de um Sistema de Gestão de Pavimentos (SGP). Apresentam as diversas patologias dos pavimentos e os parâmetros utilizados na sua avaliação. Faz-se referência aos dados considerados num SGP e a forma como é feita a referenciação e identificação dos trechos observados. É descrito o Sistema de Avaliação da Qualidade (SAQ) e o Sistema de Apoio à decisão (SAD) utilizados, assim como o modo como são avaliados os custos de conservação no âmbito deste trabalho. Também se apresentam os tipos de sinalização vertical, marcas rodoviárias e órgãos de drenagem considerados na análise feita neste trabalho. Por fim, faz-se uma pequena descrição da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em circunstâncias semelhantes às utilizadas neste estudo.

No Capítulo 3 apresenta-se a rede rodoviária estudada neste trabalho, caracterizando-se também as condições climáticas do território. Além disso, indicam-se as vias seleccionadas e a respetiva hierarquização, sintetizando-se informação relativa aos perfis transversais, constituição dos pavimentos, trechos considerados e a sua referenciação.

No Capítulo 4 faz-se uma apresentação da forma como se fez o levantamento das patologias, apresentando um exemplo. Apresentam-se ainda os levantamentos e inventários da sinalização vertical e marcas rodoviárias, dos órgãos de drenagem, dos passeios e guardas de segurança da rede analisada.

No Capítulo 5 apresenta-se o caso de estudo deste trabalho relativo à rede rodoviária analisada, ilustrando-se os procedimentos e as análises efetuadas com base em exemplos. O estudo consistiu em fazer a inspeção dos itinerários selecionados, efetuando o levantamento dos parâmetros de estado. Depois, empregaram-se um Sistema de Avaliação da Qualidade e modelos de previsão de comportamento para um horizonte de dez anos, de modo a determinar os custos de conservação envolvidos para manter os trechos da rede acima do nível mínimo de qualidade estabelecido.

No Capítulo 6 é apresentada uma síntese do trabalho realizado e das principais conclusões, indicando-se algumas propostas de trabalhos futuros.

Além dos seis capítulos que constituem o corpo do relatório, este inclui ainda dois apêndices, os quais contêm os resultados obtidos na análise das restantes vias:

- No Apêndice I apresentam-se os resultados da análise dos pavimentos e a sua previsão ao longo do período de análise pelos métodos da AASHTO e das Cadeias de Markov.
- O Apêndice II reúne os resultados obtidos na inventariação e classificação da drenagem e sinalização nas vias analisadas neste trabalho.

2 SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS

2.1 Enquadramento

Um Sistema de Gestão de Pavimentos (SGP), pode considerar-se como um conjunto de ferramentas que permite ao gestor da rede obter informação e, assim, determinar estratégias mais económicas de conservação da rede rodoviária. Analisa uma rede partindo do seu estado atual e permite fazer previsões a curto, médio ou longo prazo (5, 10, 20 anos), consoante um objetivo a cumprir, determina a ação de conservação certa, no tempo certo, no sítio certo.

Para se poder determinar o momento adequado para atuar utilizam-se modelos de previsão do comportamento dos pavimentos. Estes modelos são representações matemáticas de fenómenos físicos e devem ser tão fiáveis quanto possível (Oliveira et al, s.d.)

Atuam a dois níveis:

- Nível da rede;
- Nível de projeto.

Ao nível da rede, define uma política de conservação para toda a rede, com base em dados globais da mesma. Ao nível de projeto, consiste na tomada de decisões de carácter técnico e posteriormente ações a realizar em algumas zonas da rede rodoviária (Meneses, 2006). A Figura 2.1 mostra a constituição de um Sistema de Gestão de Pavimentos.

Um SGP usa modelos, probabilísticos ou determinísticos para fazer a previsão da evolução do estado do pavimento e aplica um instrumento de apoio á decisão para determinar a melhor estratégia, considerando as restrições aplicáveis (Picado-Santos, 2013).

Um SGP é constituído normalmente por: Base de Dados Rodoviária (BDR); Sistema de Avaliação da Qualidade dos Pavimentos (SAQ); Sistema de Custos; Modelos de Previsão do Comportamento dos Pavimentos; Sistema de Programação das Ações de Conservação. Existem vários SGP com algumas características diferenciadas entre eles. Este trabalho é baseado no sistema da Infraestruturas de Portugal. No Quadro 2.1 apresentam-se as principais características do Sistema de Gestão de Pavimentos que se utilizou como referência para este trabalho. Contudo, como se mostrará mais adiante, tendo em consideração as condições de implementação dos sistema e da rede, foram consideradas algumas simplificações em relação ao sistema de referência.

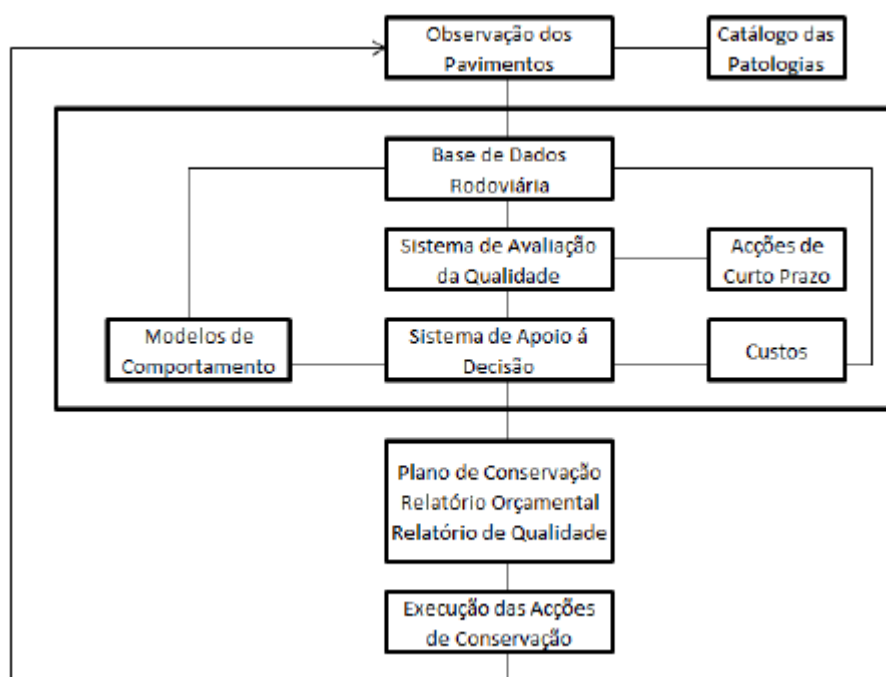


Figura 2.1 - Ciclo da gestão da conservação [adaptado de (Meneses, 2006)]

A Figura 2.2 mostra a degradação de um pavimento e o efeito de intervenções ao longo do tempo.

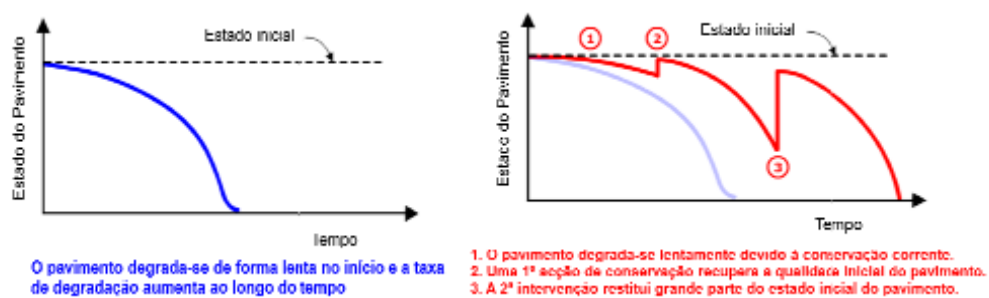


Figura 2.2 - A evolução da qualidade dos pavimentos e a influência das ações de conservação (adaptado de Picado-Santos, 2013)

Quadro 2.1 – Resumo das principais características do sistema simplificado de gestão de pavimentos (SGP) adotado

Progrmação	Análise dos custos	Ações de conservação	Considera os custos de administração	Previsão do comportamento	Análise global: - Degradações superficiais; - Reparações; - Rodeiras; - Irregularidade longitudinal.	Base de dados	- Geometria da rede; - Identificação e referência; - História dos pavimentos; - Avaliação da qualidade; - Tráfego; - Condições climáticas; - Custos unitários; - Ações de conservação; - Obras de conservação; - Etc.	Nível de Gestão	Rede nacional	Sistema	Infraestruturas de Portugal
-------------------	--------------------	-----------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	--	----------------------	--	------------------------	---------------	----------------	-----------------------------

2.2 Patologias nos Pavimentos

É necessário dispor dum catálogo de patologias com o objetivo de formar técnicos para a observação dos pavimentos e para reduzir a subjetividade nessa mesma observação do estado superficial, garantindo uma maior homogeneidade dos dados observados.

Os principais fatores ativos que conduzem ao aparecimento de degradações em pavimentos rodoviários são as ações do tráfego e as condições climáticas. A sucessiva repetição destas ações originam alterações às suas características iniciais, provocando degradações.

Há também fatores passivos que originam patologias no pavimento, tais como as espessuras insuficientes das camadas, material utilizado com características inadequadas e deficiente qualidade de construção (Branco et al, 2008).

Nos Quadros 2.2, 2.3 e 2.4 sintetizam-se as famílias de patologias que podem considerar-se para os vários tipos de pavimentos, flexíveis, semirrígidos e rígidos.

Quadro 2.2 – Famílias e tipos de degradações em pavimentos flexíveis [adaptado de (Branco et al, 2008)]

Pavimentos flexíveis			
Famílias de degradações	Tipos de degradações		
Deformações	<ul style="list-style-type: none">Abatimento	-Longitudinal	-Berma
			-Eixo
		-Transversal	
	<ul style="list-style-type: none">Deformações localizadas		
	<ul style="list-style-type: none">Ondulação		
	<ul style="list-style-type: none">Rodeiras	-Grande raio (camadas inferiores)	
		-Pequeno raio (camadas superiores)	
Fendilhamento	<ul style="list-style-type: none">Fendas	-Fadiga	
		-Longitudinais	-Eixo
			-Berma
		-Transversais	
	-Parabólicas		
	<ul style="list-style-type: none">Pele de crocodilo	-Malha fina (≤ 40 cm)	
		-Malha larga (> 40 cm)	

Quadro 2.2 – Famílias e tipos de degradações em pavimentos flexíveis [adaptado de (Branco et al, 2008)] (cont.)

Pavimentos flexíveis	
Famílias de degradações	Tipos de degradações
Desagregação da camada de desgaste	• Desagregação superficial
	• Cabeça de gato
	• Pelada
	• Ninhos (covas)
Movimento de materiais	• Exsudação
	• Subida de finos

Quadro 2.3 - Famílias e tipos de patologias de pavimentos rígidos [adaptado de (Branco et al, 2008)]

Pavimentos rígidos	
Famílias de degradações	Tipos de degradações
Fendilhamento das lajes	• Fadiga
	• Retração
	• Fenómenos térmicos
Desagregação superficial	• Desagregação das juntas
	• Desagregação na laje

Quadro 2.4 - Famílias e tipos de patologias de pavimentos semirrígidos [adaptado de (Branco et al, 2008)]

Pavimentos semirrígidos	
Famílias de degradações	Tipos de degradações
Fendilhamento	• Fadiga
	• Retração
Perda da coesão da camada de betão pobre	
Degradação da interface	

2.3 Base de Dados Rodoviária

2.3.1 Enquadramento

Uma Base de Dados Rodoviária (BDR) reúne, trata, atualiza e disponibiliza toda a informação disponível e relevante sobre a rede rodoviária para os utilizadores. Esta informação permite uma correta caracterização da rede rodoviária relativamente ao seu estado atual e aos fatores que vão influenciar o seu comportamento futuro (tráfego e condições climáticas) (Meneses, 2006).

A forma como se definem os dados a armazenar é muito importante porque a informação recolhida constitui o elemento mais dispendioso de qualquer Sistema de Gestão de Pavimentos. Por isso, os dados devem ser recolhidos atendendo a critérios de relevância, fiabilidade; facilidade de aquisição. A BDR é constituída pelos seguintes grupos de dados (Picado-Santos, 2013):

- Segmentos georreferenciados;
- Geometria;
- Características da estrutura dos pavimentos;
- História dos pavimentos;
- Condições atuais dos pavimentos;
- Condições atuais das bermas;
- Tráfego;
- Tipos de intervenção e custos;
- Informação complementar (sinistralidade)
- Base de dados relacional.

O principal objetivo de um sistema de gestão é a avaliação da qualidade dos pavimentos. Por isso, a BDR deve fornecer a informação necessária a essa avaliação, assim como integrar o resultado dessa avaliação e disponibilizá-lo a outras partes do sistema, podendo assim contribuir para o sistema de apoio à decisão, devendo (Corboeuf, 1992):

- Permitir arquivar de uma forma simples e fiável os dados relativos aos pavimentos, ao longo dos anos;
- Fornecer uma apresentação homogénea e prática dos resultados das observações efetuadas;
- Permitir o tratamento deste tipo de dados.

De forma a organizar melhor a informação, a base de dados deve ser constituída principalmente pelos grupos de dados que se indicam no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Grupo de dados que constituem a BDR (adaptado de Ferreira et al, 2006)

Grupos de Dados	Dados
Identificação e referenciação	- Localização de pontos de referência; - Localização dos trechos da rede.
Classificação das vias	- Classe funcional de cada trecho.
História dos pavimentos	- Caracterização da estrutura do pavimento; - Caracterização da geometria do perfil transversal; - Caracterização do sistema de drenagem.
Caraterização do tráfego	- Tráfego médio diário anual; - Tráfego médio diário anual de pesados; - Volume de tráfego de ligeiros na hora de ponta; - Volume de tráfego de pesados na hora de ponta; - Classe de tráfego.
Caraterização das condições climáticas	- Temperaturas; - Precipitações; - Coeficiente ambiental.
Obras de construção e conservação	- Identificação e localização das obras; - Identificação dos empreiteiros responsáveis pelas diversas obras; - Tipos de trabalhos realizados; - Quantidades realizadas; - Custos unitários e globais.

Quadro 2.5 - Grupo de dados que constituem a BDR [adaptado de (Ferreira et al, 2006)]
(Cont.)

Grupos de Dados	Dados
Ações de conservação	<ul style="list-style-type: none"> - Descrição das ações de conservação; - Custos unitários.
Avaliação da qualidade dos trechos rodoviários	<ul style="list-style-type: none"> - Fendilhamento; - Pele de crocodilo; - Covas; - Peladas; - Reparações; - Rodeiras; - Irregularidade longitudinal;
	<ul style="list-style-type: none"> - Atrito transversal; - Deflexão; - Índice global de qualidade.
Dados resultantes da aplicação do SGP	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação da qualidade dos trechos rodoviários; - Programa de conservação da rede; - Pesquisas multicritério; - Histogramas; - Saídas cartográficas com possível associação de imagens reais; - Relatórios; - Estatísticas.

2.3.2 Sistema de referência

Um sistema de referência é um conjunto de procedimentos cuja função é obter, armazenar e ter acesso ao registo e localização de pontos na rede rodoviária, onde se vai utilizar um ou vários métodos de referência, os quais servem para identificar um ponto ou um trecho de uma via.

Para manter a coerência dos parâmetros inseridos na base de dados é necessária uma caracterização singular para cada segmento da rede para que a informação produzida seja exclusiva de cada trecho.

O sistema de referência deve ser de fácil utilização e de formato editável, para que se possam fazer alterações (introduzir novos trechos, eliminar ou alterar as características dos existentes) ao longo do tempo.

O Quadro 2.6 refere os principais conjuntos de dados constituintes da Base de Dados Rodoviária.

Quadro 2.6 - Conjuntos de dados considerados na Base de Dados Rodoviária (BDR) adotada

Sistema	Grupos de dados
Sistema de gestão da Infraestruturas de Portugal	<ul style="list-style-type: none">- Geometria da rede;- Identificação e referência;- História dos pavimentos;- Avaliação da qualidade;- Dados de caracterização do tráfego;- Condições climáticas;- Dados de custo unitários;- Ações de conservação;- Obras de conservação;- Outros.

2.3.3 Classificação das vias

As vias urbanas classificam-se através da sua hierarquia funcional, agrupando-se em classes de acordo com as funções que elas desempenham ou que se queira que venham a desempenhar. Ao classificar as vias rodoviárias, é importante pensar a rede como um todo, funcionando com funções diferentes mas de modo coordenado (Ferreira et al, 2006).

Hierarquia funcional das vias

As vias classificam-se em dois níveis hierárquicos:

- Vias estruturantes;
- Vias locais.

As vias estruturantes podem classificar-se como vias coletoras ou arteriais, e vias distribuidoras principais (Figura 2.3). Vias nas quais a função circulação é predominante (Figura 2.4), possibilitam as ligações entre as várias zonas de um aglomerado urbano, com o propósito de obter os níveis máximos de capacidade com bons níveis de segurança dos fluxos motorizados.

As vias locais classificam-se em vias distribuidoras locais ou secundárias e vias de acesso local (Figura 2.3). Vias onde a função de acesso local é predominante (Figura 2.4), possibilitam o acesso aos espaços urbanos onde se localizam todas as atividades, garantindo-se assim o acesso às propriedades, tendo em conta a elevada qualidade de vida e ambiental.

Vias arteriais (ou coletoras):

São as vias mais vocacionadas para o serviço das deslocações de média e longa dimensão de ligação entre zonas urbanas.

Esta tipologia de vias caracteriza-se por (Seco et al, 2006):

- Estarem dedicadas à circulação de veículos motorizados;
- Terem soluções funcionais e geométricas que evitam problemas de congestionamento e que permitam a circulação a velocidades superiores a 80 km/h;
- O estacionamento ser proibido ao longo da via, com exceção de algumas zonas nas quais o estacionamento será do tipo longitudinal;
- Não aceitar a existência de trajetos pedonais adjacentes (nas vias de maior importância), devendo estes ser feitos em atravessamentos desnivelados. Nas vias menos importantes poderá aceitar-se em casos pontuais alguns atravessamentos, ainda que limitados, e deverão ser sempre regulados por sinalização luminosa;
- Cruzamentos desnivelados, impedindo desta forma a penalização das suas características de fluidez e rapidez dos fluxos principais de tráfego.

Vias distribuidoras principais:

Têm como função principal fazer a ligação das vias coletoras às redes locais ou, onde não se justifica a existência de vias coletoras, a ligação entre espaços de média importância.

Esta tipologia de vias caracteriza-se por (Seco et al, 2006):

- Não haver proibição da circulação de veículos motorizados;
- Ser permitido o estacionamento, tendo apenas especial cuidado com o afastamento de interseções, de modo a proteger o desempenho destes e a garantir razoáveis condições de escoamento e segurança do tráfego ao longo das vias;
- Ser permitida a travessia de peões através de pontos de atravessamento pedonal formais de nível, ainda que em número limitado. Estes atravessamentos deverão ser feitos através de passadeiras semaforizadas, ou quando estas acontecem junto a elementos de acalmia de tráfego, como são as rotundas, ou quando os fluxos de tráfego forem moderados, poderão ser usadas passadeiras simples;

- Garantir, nos cruzamentos de nível, a necessária capacidade rodoviária, bem como a segurança e o conforto para os peões;
- Existirem medidas de acalmia de tráfego, desde que não ponham em causa a fluidez do tráfego.

Vias distribuidoras locais (ou secundárias):

Têm como objetivo garantir a ligação entre as vias estruturantes e as vias locais. Estão geralmente associadas a velocidades moderadas (entre 30 e 40 km/h), permitindo uma fluidez razoável ao fluxo motorizado e garantindo muito bons níveis de segurança aos peões.

Esta tipologia de vias caracteriza-se por (Seco et al, 2006):

- Uma circulação de tráfego motorizado e não motorizado perfeitamente normal;
- Existir estacionamento, quer ao longo da via, quer “em espinha”, que pode considerar-se aceitável mesmo a curta distância dos cruzamentos;
- Existir um número razoável de passadeiras, para os peões mais vulneráveis;
- Existirem mecanismos de acalmia de tráfego como a presença de lombas, permitindo assim uma maior segurança para os peões.

Vias de acesso local:

Vias que privilegiam a circulação de peões, ou seja, são dimensionadas para condições mínimas de fluidez de tráfego com velocidades muito moderadas, na ordem de 20 a 30 km/h. Destinam-se apenas a servir o acesso direto aos espaços adjacentes e a movimentos pedonais. Oferecem muito bons níveis de conforto e segurança aos peões.

Esta tipologia de vias caracteriza-se por (Seco et al, 2006):

- O acesso aos terrenos adjacentes ser livre;
- O estacionamento, tal como nas vias distribuidoras locais, poder ser feito de várias formas, desde que não ponha em causa atividades lúdicas ou sociais importantes;
- Não existirem trajetos pedonais formais, uma vez que toda a rua será um espaço de partilha entre o automóvel e o peão, sempre com prioridade para o peão.

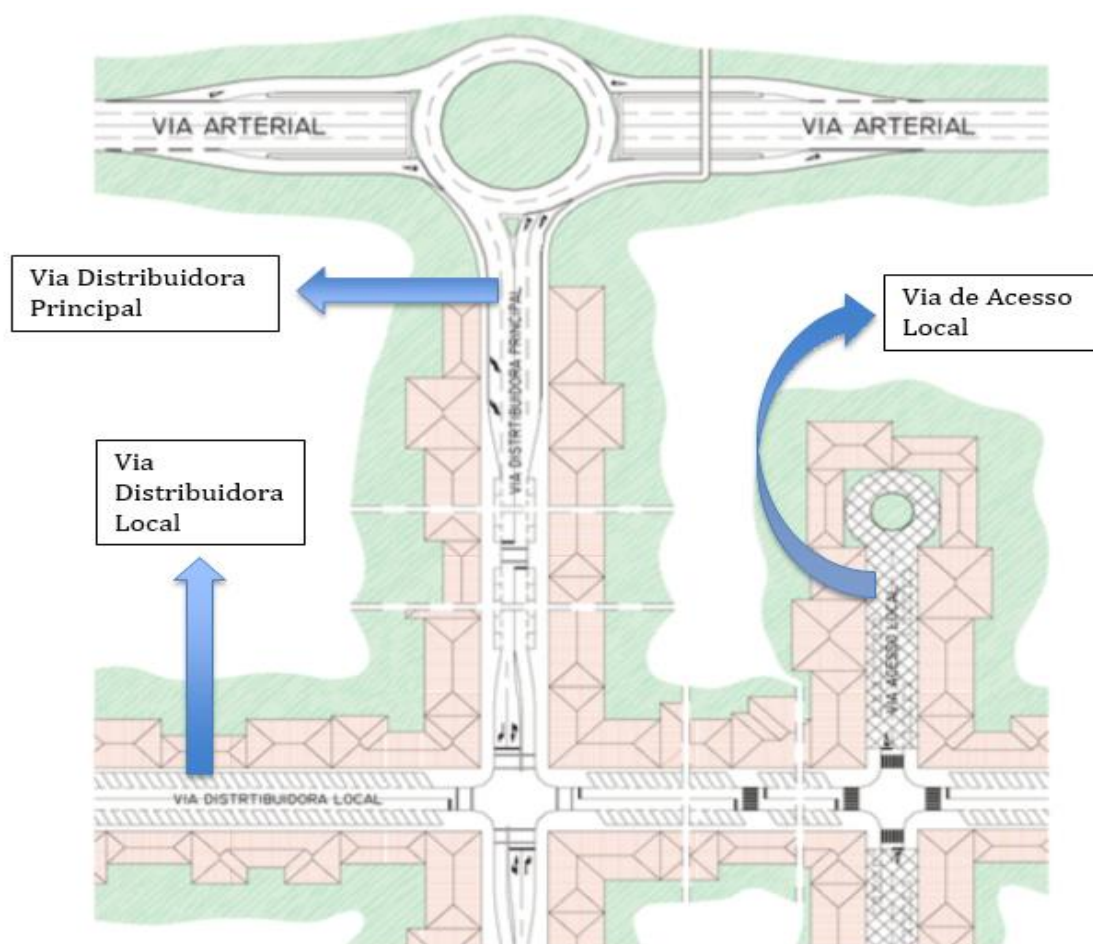


Figura 2.3 - Hierarquização viária (adaptado de Seco et al., 2006)

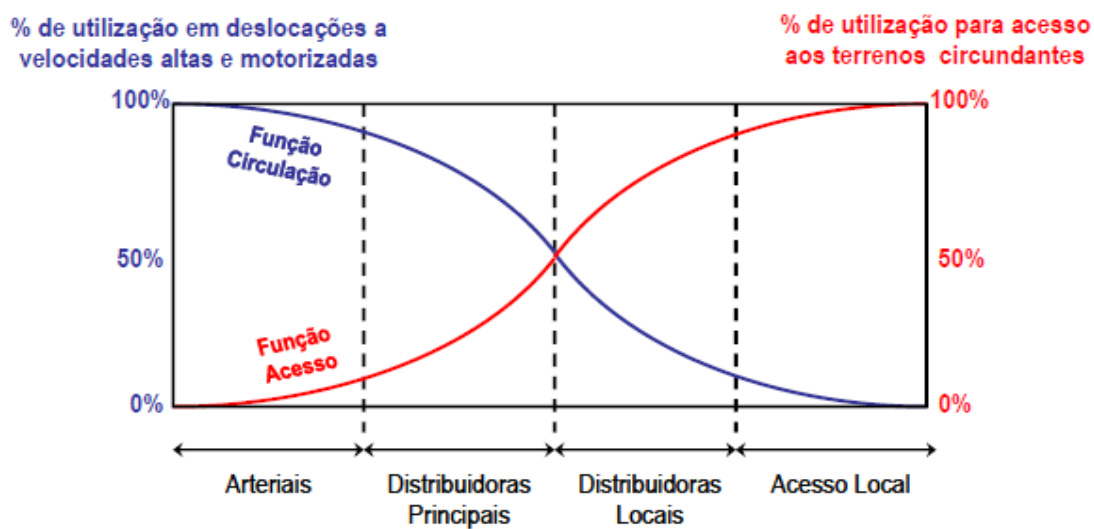


Figura 2.4 - Percentagens de utilização das funções de acessibilidade e distribuição (adaptado de Seco et al., 2006)

2.3.4 Identificação e referenciação dos trechos da rede

Este grupo de dados reúne informação relacionada com a geometria da estrada e a constituição dos pavimentos.

Caracterização da estrutura do pavimento e respetiva fundação

Este subgrupo de dados deve apresentar informação sobre a constituição do pavimento inicial e sobre as alterações (intervenções de reabilitação ou conservação) que sofreu ao longo do tempo, designadamente:

- Identificação do trecho;
- Comprimento do trecho;
- Ordem das camadas;
- Espessura das camadas;
- Tipo de material que constitui cada camada;
- Data de construção/intervenção.

Caracterização da geometria do perfil transversal

Este subgrupo de dados deve apresentar informação sobre a geometria das faixas de rodagem, das bermas e dos passeios da rede rodoviária, designadamente:

- Número de identificação do trecho;
- Largura das bermas ou passeios;
- Largura da faixa de rodagem;
- Largura do separador.

Caracterização do sistema de drenagem

Este subgrupo de dados deve apresentar informação sobre a drenagem superficial e subterrânea.

Os dados relativos à drenagem superficial descrevem e localizam na rede rodoviária:

- Aquedutos;
- Valetas;
- Sumidouros;
- Sarjetas;
- Coletores transversais.

Os dados relativos à drenagem subterrânea descrevem e localizam na rede rodoviária:

- Drenos longitudinais;
- Drenos transversais;
- Coletores;
- Caixas de visita.

Dados de referenciação

Este subgrupo deve apresentar informação sobre a identificação dos trechos e a localização dos nós da rede, designadamente:

- Número de identificação do trecho (fornece informação sobre a classificação funcional da via, número do trecho da estrada, designação da via e freguesia em que se encontra localizada);
- Número de identificação do nó inicial do trecho;
- Número de identificação do nó final do trecho;
- Sentido de levantamento;
- Comprimento do trecho.

Caracterização do tráfego

É muito importante conhecer as características do tráfego que circula em determinada zona, particularmente no que diz respeito ao número de pesados, para programar, por exemplo, as ações de conservação a desenvolver na rede rodoviária. Por isso, é necessária a recolha sistematizada e ordenada do volume e da composição dos fluxos de tráfego, através de contagens de tráfego.

Note-se que, para o dimensionamento de um pavimento rodoviário apenas se considera o tráfego de veículos pesados ($TMDA_p$), no ano de abertura da estrada, por sentido de circulação, na via mais solicitada, para um determinado número de anos (período de dimensionamento – 20 anos para pavimentos flexíveis ou semirrígidos, e 30 anos para pavimentos rígidos), (JAE, 1995), considerando-se as seguintes variáveis:

- O tráfego médio diário anual de veículos pesados no ano de abertura da estrada;
- O período de dimensionamento;
- A taxa média de crescimento anual de veículos pesados, no período de dimensionamento;
- A distribuição do tráfego pelas vias existentes num dado sentido.

Para expressar a passagem de um dado número acumulado de veículos pesados com várias características faz-se a sua conversão em passagens equivalentes de um eixo padrão, de 80 kN para pavimentos flexíveis e de 130 kN para pavimentos semirrígidos, adotando-se para tal, fatores de agressividade(α), tal como preconiza, por exemplo, o manual de pavimentos da ex-JAE (JAE, 1995), que se apresenta no Quadro 2.7.

Caracterização das condições climáticas

As ações que mais contribuem para a degradação dos pavimentos são a ação do tráfego pesado e a temperatura. O módulo de deformabilidade de uma mistura betuminosa é extremamente sensível à temperatura a que se encontra o material em serviço. A evolução desta temperatura deve ser conhecida, podendo traduzir-se por uma temperatura de serviço equivalente anual, que se obtém em função da espessura do pavimento e da temperatura média mensal do ar para o

mês representativo do ano, para que se possa dimensionar corretamente o pavimento (Branco et al, 2008).

Quadro 2.7 - Classes e elementos de tráfego (adaptado de JAE, 1995)

Classe	$(TMDA)_p$	Taxa de crescimento médio (t)	Pavimentos flexíveis		Pavimentos semirrígidos	
			Fator de agressividade (α)	N_{80}^{dim} (20 anos)	Fator de agressividade de (α)	N_{130}^{dim} (20 anos)
T7	< 50	Estudo específico				
T6	50 – 150	3	2	2×10^6	0,5	5×10^5
T5	150 – 300		3	2×10^6	0,6	2×10^6
T4	300 – 500	4	4	2×10^7	0,7	4×10^6
T3	500 – 800		4,5	2×10^7	0,8	7×10^6
T2	800 – 1200	5	5	2×10^7	0,9	10^7
T1	1200 - 2000		5,5	10^8	1	2×10^7
T0	> 2000	Estudo específico				

2.4 Sistema de Avaliação da Qualidade (SAQ)

2.4.1 Enquadramento

Para que se possa efetuar uma gestão eficaz dos pavimentos de uma rede rodoviária, é necessário conhecer o estado atual dos pavimentos constituintes da rede a analisar, ou a história da sua evolução. Por isso, é essencial que se realizem o levantamento e a avaliação do estado dos pavimentos, de modo a antecipar a evolução do estado num determinado período de análise.

Utilizando a informação armazenada na base de dados, um SAQ permite uma avaliação do estado do pavimento num dado instante e disponibiliza essa informação ao gestor rodoviário, possibilitando-lhe uma melhor decisão sobre a programação das ações de conservação mais adequadas para cada situação, em função das políticas de conservação que pretenda implementar.

Assim, a Avaliação da Qualidade é fundamentalmente usada para estabelecer o estado atual, recorrendo, por exemplo, a um índice global (IQ - índice da qualidade) que é usado para evidenciar as intervenções urgentes a fazer nas secções da rede que apresentaram uma evolução da degradação inesperada. Como acontece nalguns sistemas, o IQ pode ser usado como

indicador de verificação do estado previsto (em termos de IQ ou doutro indicador global relacionável) pelo modelo de evolução da degradação integrado na Avaliação de Estratégias (Ferreira et al, 2006).

A avaliação da qualidade dos pavimentos rodoviários inclui duas fases principais. Na primeira, efetua-se uma observação dos pavimentos, onde se registam os parâmetros que caracterizam o estado de conservação dos pavimentos. Na segunda, utiliza-se uma metodologia de avaliação da qualidade global dos pavimentos, onde se pretende obter uma classificação que informe sobre o estado atual do pavimento (qualidade), comparando entre si os vários trechos da rede.

A avaliação da qualidade dos pavimentos pode ser feita segundo dois tipos de avaliação: a avaliação estrutural e a avaliação funcional. A avaliação estrutural tem como objetivo determinar o estado da estrutura do pavimento relativamente à sua capacidade de suporte. A avaliação funcional tem como objetivo aferir a qualidade do pavimento para os utentes do ponto de vista do conforto e segurança.

Nas redes rodoviárias dos municípios, os parâmetros mais utilizados são os que caracterizam os pavimentos e as suas degradações superficiais, e o tráfego. O levantamento direto da capacidade de suporte não é muitas vezes considerado nos SAQ, quer por ser dispendioso, quer por não ser essencial para uma adequada gestão da conservação daquele tipo de redes. Em geral, as degradações superficiais, a capacidade de suporte e, em parte, a irregularidade longitudinal são associados à avaliação estrutural do pavimento. Já o atrito transversal, a irregularidade longitudinal e, em certa medida, as degradações superficiais, estão associados à definição da avaliação funcional das vias (Santos, 2014).

2.4.2 Dados da avaliação da qualidade dos pavimentos

As ações de conservação vão ser efetuadas principalmente com base na análise da informação dos dados da avaliação da qualidade dos pavimentos.

No quadro 2.8 apresentam-se os dados tidos em consideração nas bases de dados rodoviárias de diversos Sistemas de Gestão de Pavimentos.

Quadro 2.8. - Dados da avaliação da qualidade dos pavimentos adotados no sistema da Infraestruturas de Portugal (adaptado de Meneses, 2006)

Sistema	Dados de avaliação da qualidade dos pavimentos
Infraestruturas de Portugal	<ul style="list-style-type: none">- Tráfego;- História dos pavimentos;- Avaliação da qualidade;

Quadro 2.8. - Dados da avaliação da qualidade dos pavimentos adotados no sistema da Infraestruturas de Portugal (adaptado de Meneses, 2006) (Cont.)

Sistema	Dados de avaliação da qualidade dos pavimentos
Infraestruturas de Portugal	<ul style="list-style-type: none">- Condições climáticas;- Custos unitários;- Ações e Obras de conservação;- Geometria da rede;- Identificação e referenciação.

2.4.3 Avaliação da qualidade

A avaliação da qualidade dos pavimentos rodoviários pode ser feita por através de três metodologias diferentes (Branco et al., 2008):

- Avaliação global;
- Avaliação paramétrica;
- Avaliação mista.

Análise global

Na análise global é atribuída uma nota global representativa do estado do pavimento, através de um conjunto de parâmetros do estado do pavimento.

A análise global apresenta as seguintes vantagens (Ferreira, s.d.):

- Facilita a classificação dos pavimentos através de uma única nota atribuída a cada trecho de pavimento;
- Permite uma representação gráfica clara e eficiente do estado dos pavimentos da rede rodoviária, muito útil para os agentes de decisão;
- Permite facilmente relacionar a qualidade dos pavimentos com o conforto e segurança (por exemplo, através do IQ) utilizado pela *American Association of States Highway Officials*;
- Simplifica o desenvolvimento de modelos de previsão do comportamento dos pavimentos, embora possa questionar-se a sua validade.

Podem apontar-se as seguintes desvantagens à análise global (Ferreira, s.d.):

- A mesma nota global pode representar realidades totalmente diferentes, porque os parâmetros podem compensar-se entre si;
- Não é fácil definir os coeficientes de ponderação a atribuir a cada parâmetro;

- Nos métodos existentes, geralmente baseados em indicadores do estado superficial, o parâmetro irregularidade longitudinal é habitualmente preponderante em relação aos outros.

Análise paramétrica

Na análise paramétrica definem-se classes para cada um dos parâmetros medidos ou observados, em função das consequências previsíveis para os utentes ou para o pavimento. Tem a desvantagem de ser pouco homogénea, mesmo assim, consegue contribuir para a definição da intervenção mais adequada a efetuar nos pavimentos através das causas de degradação dos pavimentos (Meneses, 2006).

Análise mista

Na análise mista juntam-se as várias classes dos vários parâmetros de estado utilizados, atribuindo-se um índice de qualidade a cada trecho de pavimento através da utilização de grelhas de dupla ou tripla entrada. Esta análise procura eliminar os inconvenientes da análise global ao mesmo tempo que procura manter as vantagens da análise global e da análise paramétrica. Na avaliação da qualidade dos pavimentos a utilização desta análise é cada vez mais frequente (Meneses, 2006).

No Quadro 2.9 apresentam-se as principais características do Sistema de Avaliação da Qualidade implementado.

Quadro 2.9 – Resumo das principais características do Sistema de Avaliação de Qualidade adotado (adaptado de Ferreira, 2001)

Sistema	Tipo de rede	Tipo de análise	Parâmetro de avaliação	Avaliação	Escala
Infraestruturas de Portugal	Nacional	Global	- Degradações superficiais: <ul style="list-style-type: none"> • Reparações • Rodeiras - Irregularidade longitudinal	Parâmetro global: IQ (índice de qualidade)	0 - 5

2.5 Sistema de Apoio à Decisão

2.5.1 Enquadramento

O sistema de apoio à decisão (SAD) consiste na criação de um programa de conservação, um relatório orçamental e um relatório da evolução do estado dos pavimentos, através da utilização de modelos, os quais podem envolver a utilização de algoritmos de otimização (Meneses, 2006).

Nos sistemas mais evoluídos, como é o caso do desenvolvido pela Infraestruturas de Portugal, é usado um modelo de otimização resolvido pela aplicação duma heurística (por exemplo algoritmos genéticos), que utiliza um modelo (determinístico ou probabilístico) para a previsão do comportamento dos pavimentos (Picado Santos, 2013).

Os métodos de apoio à decisão que envolvem otimização utilizam modelos de previsão do comportamento e modelos de minimização de custos, procurando conjugar as condicionantes de ordem orçamental com as restrições de qualidade do pavimento.

2.5.2 Modelos de previsão do comportamento dos pavimentos

Os modelos de previsão do comportamento dos pavimentos fazem uma projeção para um dado intervalo de tempo da evolução da degradação dos pavimentos, tendo em conta o estado atual dos mesmos, os fatores de degradação e os efeitos resultantes das ações de conservação.

Considerando os princípios associados aos modelos para a explicação dos fenómenos de degradação dos pavimentos, estes podem ser classificados como modelos probabilísticos ou determinísticos. Os modelos probabilísticos consideram as probabilidades de transição de um estado de conservação para outro. Os modelos determinísticos são modelos empíricos, mecanicistas e empírico-mecanicistas. Baseiam-se em expressões que servem de base à determinação de parâmetros de qualidade do pavimento em função do tráfego, ou do tempo, etc. (Santos, 2014).

2.5.3 Programa de conservação

Um programa de conservação deve incluir informação sobre os trechos rodoviários que devem ser sujeitos a ações de conservação, que tipo de ação de conservação deve ser aplicada, no sítio mais indicado e quando deve ser executada, garantindo, deste modo, que o estado da rede rodoviária fique acima de determinado nível mínimo de qualidade desejado, em cada ano do período de planeamento (Santos, 2014).

Os resultados são representados na rede usando um Sistema de Informação Geográfica, podendo ser produzidos relatórios de suporte, nomeadamente para:

- Quais as secções rodoviárias que devem ser beneficiadas, que tipo de intervenção de conservação deve ser aplicada a cada uma e quando deve ser executada;

- Orçamento anual necessário para executar o programa de conservação;
- O estado previsível dos pavimentos em cada ano do período de planeamento se for executado o programa de conservação.

2.5.4 Sistema de custos

Podem considerar-se dois grupos principais de custos associados à gestão de pavimentos: os custos da administração e os custos dos utentes.

Custos para a administração rodoviária

Esta componente engloba os seguintes custos (Branco et al, 2008):

- Custos de projeto;
- Custos de construção;
- Custos de conservação;
- Valor residual (custo negativo).

Custos para o utente da estrada

Esta componente engloba os seguintes custos (Branco et al, 2008):

- Custo de operações dos veículos;
- Custo do tempo de percurso;
- Custo do tempo de percurso devido aos trabalhos de conservação;
- Custo dos acidentes;
- Custo do desconforto.

Os custos para o utente da estrada são mais difíceis de aferir do que os custos para a administração, pois estão em patamares diferentes, dependentes do estado do pavimento, (Branco, et al., 2008).

Consoante a estratégia de atuação da administração, os custos totais podem variar muito. Pode seguir-se uma abordagem corretiva, corretiva-preventiva considerando ou não os custos dos utentes. A abordagem corretiva é definida apenas pelo nível mínimo de qualidade (NMQ), ou seja, as ações de conservação são aplicadas quando o pavimento atingiu um valor inferior ao mínimo exigido previamente. A abordagem corretiva-preventiva procura minimizar os custos de conservação do pavimento. A abordagem corretiva-preventiva que inclui a consideração dos custos dos utentes, minimiza os custos totais. No cálculo dos custos, a AASHTO recomenda o método da análise a preços constantes, tanto para o cálculo dos custos como dos benefícios de estratégias alternativas (Santos, 2014).

Num estudo de sensibilidade os fatores a considerar são (Branco et al, 2008):

- O tráfego;

- O período de análise;
- O custo de conservação;
- Os custos dos utentes;
- A taxa de atualização.

Em estradas de tráfego intenso, com um número equivalente de eixos padrão elevado ($NEEP = 2 \times 10^6$), não é económico adotar a construção por etapas, com intervenções frequentes, dificultando o nível de serviço e consequentemente aumentando o custo dos utentes. Os custos para os utentes são significativos em estradas de tráfego elevado, sendo por vezes o fator determinante na decisão de projeto. É de considerar que o encerramento das vias e o aumento do tempo de percurso podem assumir custos tão elevados como a própria intervenção de conservação. Por isso, devem adotar-se pavimentos muito resistentes, com previsão de reduzida intervenção ao longo do ciclo de vida (Branco et al, 2008).

2.6 Órgãos de Drenagem

A água que afeta a rede rodoviária tem várias origens:

- Precipitação que cai diretamente sobre a zona da estrada e terrenos limítrofes;
- Níveis freáticos intersetados pelos taludes de escavação;
- Níveis freáticos na zona do pavimento;
- Linhas de água intersetadas pela obra.

Os órgãos de drenagem são um conjunto de dispositivos que seve para afastar a água da estrada, seja ela proveniente de precipitação ou de escoamentos subterrâneos. Na Figura 4.7 representam-se os vários órgãos de drenagem superficial, assim como as inclinações das secções transversais recomendadas, consoante o material constituinte.

Os órgão de drenagem têm diversas funções, a saber:

- Evitar o acesso da água caída nos terrenos limítrofes;
- Retirar rapidamente a água caída sobre a faixa de rodagem;
- Reduzir a ação negativa da água emergente dos taludes, captando e/ou controlando o seu escoamento;
- Evitar o acesso da água à fundação do pavimento;
- Restabelecer as linhas de água naturais interrompidas.

Os órgãos de drenagem superficial têm como função escoar as águas que incidem sobre a estrada e escoar as águas dos cursos de água atravessados pela obra (drenagem transversal). A drenagem subterrânea é obtida por órgãos que têm a função de intersectar e desviar as águas subterrâneas antes de atingirem o leito do pavimento, e rebaixar o nível freático quando é necessário.

Neste trabalho na inventariação dos órgãos de drenagem apenas se consideraram os seguintes órgãos de drenagem superficial:

- Valetas de plataforma;
- Valetas de berma;
- Atravessamentos hidráulicos (AH).

Valetas de plataforma

As valetas de plataforma são os principais órgãos de drenagem superficial. Trata-se de canais que reúnem as águas superficiais e as conduzem para fora da zona da estrada. Na rede analisada existem valetas revestidas com betão ou não revestidas (Figura 2.5).



Figura 2.5 – Valeta de plataforma revestida com betão

Valeta de berma

As valetas de berma para proteção de talude de aterro são canais que reúnem as águas superficiais caídas no pavimento e impedem que estas cheguem ao talude e possam provocar erosão (Figura 2.6). São revestidas em betão.

Atravessamentos hidráulicos (AH)

Os atravessamentos hidráulicos recolhem as águas provenientes do sistema de drenagem longitudinal (valetas), conduzindo-as aos pontos de descarga final (Figura 2.7).



Figura 2.6 – Valeta de berma



Figura 2.7 – Atravessamento hidráulico (AH)

2.7 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é constituída por sinais que, devido à sua localização, forma, cor, tipo e ainda através de símbolos e/ou caracteres alfanuméricos, transmitem aos condutores uma mensagem visual com um determinado significado (Roque, s.d. a).

Neste subcapítulo as figuras seguintes referem-se aos diferentes tipos de sinais existentes na rede levantada.

Consideraram-se os seguintes tipos de sinais:

- Sinais de perigo;
- Sinais de cedência de passagem;
- Sinais de proibição;
- Sinais de obrigação;
- Sinais de informação;
- Sinais de direção;
- Sinais de identificação de localidades;
- Sinais luminosos.

Sinais de Perigo

Os sinais de perigo (Figura 2.8) são indicados para indicar a existência ou a possibilidade de aparecimento de condições particularmente perigosas para o trânsito que imponham especial atenção e prudência ao condutor (Roque, s.d. b).



Figura 2.8 – Sinais de perigo (adaptado de Roque, s.d. b)

Sinais de Cedência de Passagem

Os sinais de cedência de passagem (Figura 2.9) utilizam-se para informar os condutores da existência de um cruzamento, entroncamento, rotunda ou passagem estreita e de qual o regime de prioridade prevalecente. Impõem um determinado comportamento ou levam a uma conduta de especial atenção (Roque, s.d. b).



Figura 2.9 – Sinais de cedência de passagem (adaptado de Roque, s.d. b)

Sinais de Proibição

Os sinais de proibição (figura 2.10) são utilizados para transmitir aos utentes da via a interdição de determinados comportamentos (Roque, s.d. b).



Figura 2.10 – Sinais de proibição (adaptado de (Roque, s.d. b)

Sinais de Obrigação

Os sinais de obrigação (Figura 2.11) utilizam-se para transmitir aos utentes a imposição de determinados comportamentos (Roque, s.d. b).



Figura 2.11 – Sinais de obrigação (adaptado de (Roque, s.d. b)

Sinais de Informação

Os sinais de informação (Figura 2.12) são utilizados para indicar a existência de locais ou serviços com interesse e para dar outras indicações úteis (Roque,s.d. b).

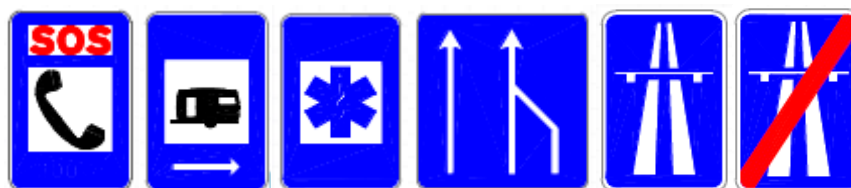


Figura 2.12 – Sinais de informação (adaptado de Roque, s.d. b)

Sinais de Direção

Os sinais de direção (Figura 2.13) indicam os destinos de saída que podem estar associados à identificação da estrada que os serve (Roque, s.d. b).



Figura 2.13 – Sinais de direção (adaptado de Roque, s.d. b)

Sinais de Identificação de Localidades

Os sinais de identificação de localidades (Figura 2.14) destinam-se a identificar e delimitar o início e o fim das localidades, designadamente para, a partir do local em que estão colocados, começam a vigorar as regras especialmente previstas para o trânsito dentro e fora das mesmas (Roque, s.d. b).



Figura 2.14 - Sinais de identificação de localidades (adaptado de Roque, s.d. b)

Sinais Luminosos

Os sinais luminosos de regulação de trânsito (semáforos) (Figura 2.15), destinam-se a controlar o fluxo de veículos e peões, podendo também instalar-se como sistemas de controlo de velocidade para obter um efeito de acalmia de tráfego, através do controlo de velocidade num troço determinado de via.



Figura 2.15 - Sinais luminosos

2.8 Marcas Rodoviárias

As marcas rodoviárias destinam-se a regular a circulação, a advertir e a orientar os utentes da via pública, podendo ser complementadas por outros meios de sinalização (Roque, s.d. c).

Consideraram-se os seguintes tipos de marcas rodoviárias:

- Marcas longitudinais;
- Marcas transversais;
- Marcas diversas e guias.

Marcas Longitudinais

As marcas longitudinais são linhas apostas na faixa de rodagem, separando sentidos ou vias de trânsito (Roque, s.d. c). As marcas longitudinais consideradas no levantamento foram as representadas na Figura 2.16.

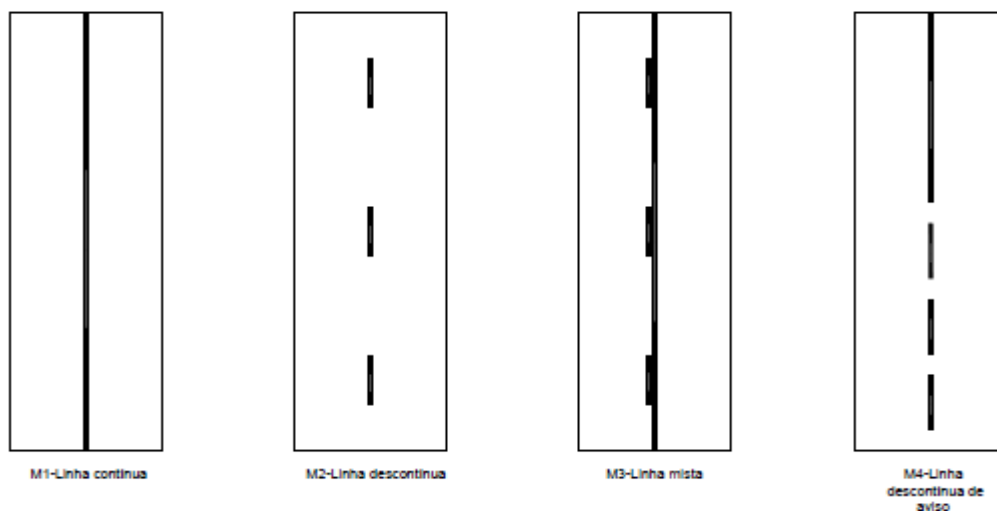


Figura 2.16 – Marcas longitudinais (adaptado de Roque, s.d. c)

Marcas Transversais

As marcas transversais são marcas apostas no sentido da largura das faixas de rodagem, que podem ser completadas por símbolos ou inscrições (Roque, s.d. c). Durante o levantamento apenas se considerou a existência de passagens para peões (Figura 2.17).

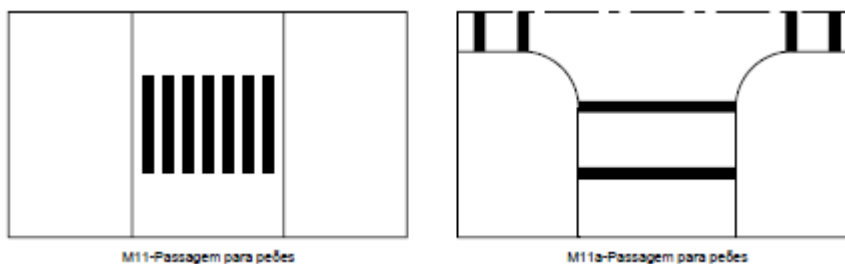


Figura 2.17 – Marcas transversais (passagem para peões) (adaptado de Roque, s.d. c)

Marcas Diversas e Guias

As marcas diversas e guias fornecem determinadas indicações ou repetem as já dadas por outros meios de sinalização (Roque, s.d. c). No levantamento consideraram-se as bandas cromáticas e as lombas redutoras de velocidade (LRV) representadas nas Figuras 2.18 e 2.19, respetivamente.



Figura 2.18 – Marcas diversas e guias (bandas cromáticas) (adaptado de Roque, s.d. c)

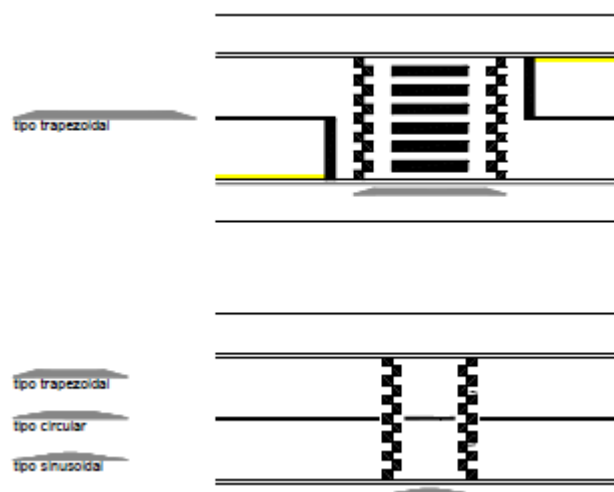


Figura 2.19 – Marcas diversas e guias (LRV- com e sem passagem de peões) (adaptado de Roque, s.d. c)

Designa-se por lomba redutora de velocidade (LRV) (Figura 2.19), uma secção elevada da faixa de rodagem, construída em toda a largura desta, com carácter não temporário, dimensionada com o objetivo de causar desconforto crescente nos ocupantes dos veículos, durante o seu atravessamento e com o aumento da velocidade. Tal efeito não pode, porém, ser significativo para velocidades de valor igual ou inferior ao recomendado e, nestes casos, não pode provocar qualquer dano nos veículos (Roque, s.d. c).

Guardas de Segurança

A guarda segurança flexível metálica é uma das mais importantes contribuições para a segurança rodoviária. O seu objetivo é evitar que os veículos saiam fora da estrada. Além disso, é um excelente elemento de sinalização, pois indica claramente o traçado da via.

As guardas de segurança observadas nas vias analisadas neste trabalho são em perfil W (Figura 2.20).



Figura 2.20 – Guarda de segurança flexível (perfil W)

2.9 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite visualizar, questionar, analisar e interpretar dados georreferenciados para compreender relações, padrões e tendências. Muitas organizações recolhem informação acerca de entidades lineares (e.g., vias, condutas, linhas de água) através da localização de pontos ao longo de uma linha, normalmente o eixo, como alternativa a usar um sistema de coordenadas (x, y) (ESRI, s.d.).

A referenciação linear é um método de armazenamento de localizações geográficas através do uso de posições relativas medidas ao longo duma linha. As medições das distâncias são usadas para localizar eventos ao longo da linha, como se pode observar na Figura 2.21 (ESRI, s.d.).

As medições ao longo das entidades são utilizadas para localizar eventos do tipo pontual (e.g., acidente de tráfego, sinal vertical, passagem hidráulica) ou do tipo linear (e.g., patologias e nível de qualidade do pavimento, velocidade de circulação, número de vias), usando várias convenções. Em seguida mostram-se alguns exemplos.

Um ponto pode ser localizado ao longo duma entidade linear de duas formas (Figura 2.22):

- A uma distância de 12 unidades de comprimento ao longo da linha, a partir da sua origem;

- A 4 unidades de comprimento a Este duma marca de referência posicionada sobre a linha.

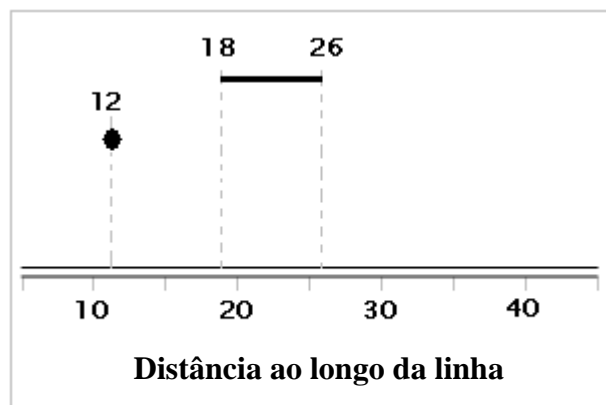


Figura 2.21 – Referência linear (localização de eventos) (adaptado de (ESRI, s.d.))

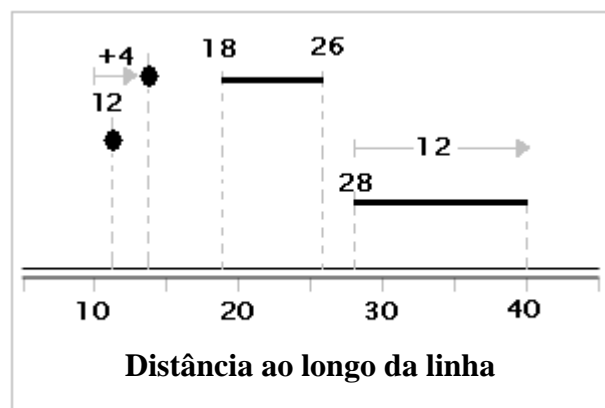


Figura 2.22 – Referência linear – formas de localização de eventos lineares e pontuais (adaptado de (ESRI, s.d.))

Os eventos lineares podem também ser referenciados de duas maneiras (Figura 2.22):

- O evento começa na medição 18 e acaba em 26;
- O evento começa na medição 28 e prolonga-se por 12 unidades de comprimento.

A referência linear é usada por várias razões, descrevendo-se a seguir as duas principais:

- Muitas localizações são introduzidas como eventos ao longo das entidades lineares. Por exemplo, a localização de acidentes de trânsito são gravados segundo a seguinte convenção, “27 metros a este do marco quilométrico dos 35 km na estrada nacional 1”. Vários sensores de gravação de condições ao longo das entidades lineares usando medidas como a distância ou tempo, ao longo das linhas (oleodutos, estradas, rios, etc);

- A referenciação linear é também utilizada para associar várias características (ou atributos) a partes de entidades lineares, sem que as linhas subjacentes se tenham que segmentar cada vez que se alterem valores. Sem o uso da referenciação linear, isto pode significar que as estradas (representadas pelo seu eixo) se tenham que partir em muitos e pequenos segmentos, em cada local onde as características se alteram. Como alternativa, estas situações podem ser tratadas como eventos de referenciação linear ao longo das vias, como se pode observar na Figura 2.23.

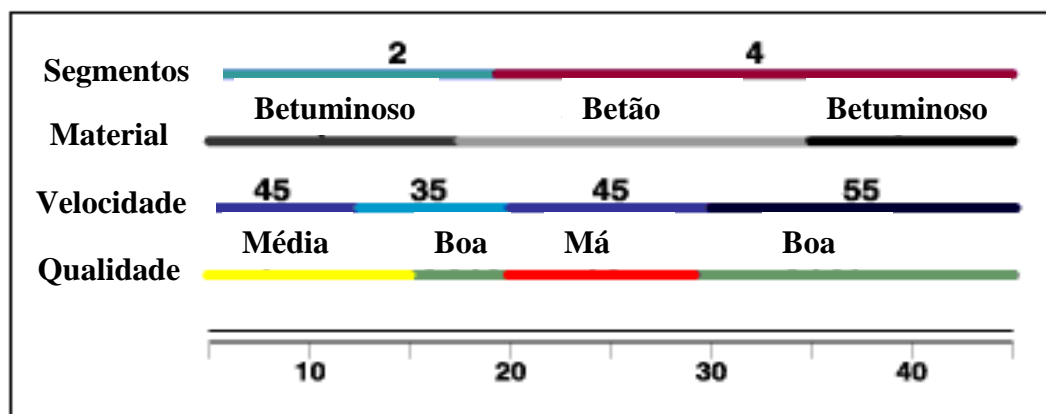


Figura 2.23 – Referenciação linear de diferentes eventos (adaptado de (ESRI, s.d.))

Certos eventos têm propriedades que mudam frequentemente. Por exemplo, a evolução da degradação das características superficiais e o resultado das ações de conservação. A referenciação linear pode ser usada para localizar com exatidão as múltiplas observações do mesmo evento, como se pode ver na Figura 2.24 para as condições do pavimento.

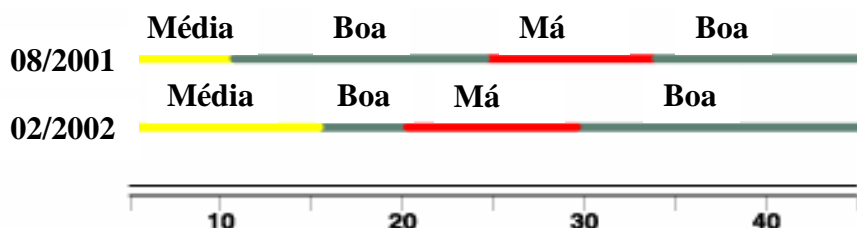


Figura 2.24 – Referenciação linear (localização de eventos) (adaptado de (ESRI, s.d.))

Por outro lado, cada vez que é necessário armazenar um novo evento, recorrer à segmentação de linhas pode ser problemático. Além do estado de conservação da superfície dos pavimentos (IQ) pode, por exemplo, pretender-se apresentar volumes de tráfego, número de vias, material da superfície do pavimento, limites de velocidade, localização de acidentes, etc. A Figura 2.25 exemplifica o que se referiu.

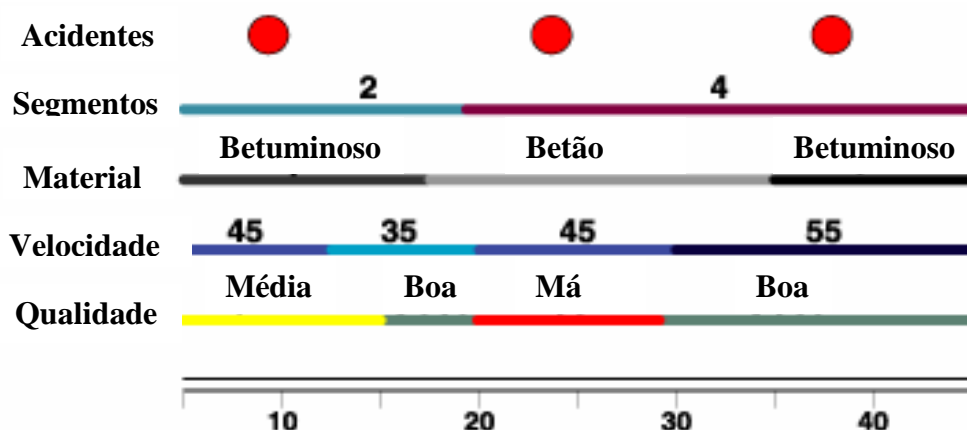


Figura 2.25 – Referencição linear (localização de eventos) (adaptado de (ESRI, s.d.)

A segmentação dinâmica consiste em armazenar e gerir as localizações geográficas dos eventos numa tabela através dum sistema de referencição linear, e mostrá-los num mapa. O termo segmentação dinâmica deriva do conceito que, as entidades lineares não precisam de ser segmentadas cada vez que um valor dum evento se altere (e.g., a qualidade do pavimento “média” deixou de se observar entre as medidas 0 e 15 para se observar entre 0 e 18); este pode ser “dinamicamente” localizado sobre a entidade.

A utilização da segmentação dinâmica, permite que vários tipos de eventos possam ser associados a qualquer parte de uma entidade linear existente, independentemente da sua localização. Estes eventos podem ser apresentados, consultados, editados e analisados sem afetar a geometria das entidades lineares subjacentes (ESRI, s.d.).

Um SIG é uma tecnologia que auxilia e agiliza procedimentos de planeamento, de gestão e de tomada de decisão (Naruo, 2003), possibilitando a criação de informações instantâneas, ao nível do planeamento estratégico, para a escolha de alternativas.

Após a criação de uma base de dados, a utilização da mesma em SIG tem diversas vantagens:

- Torna-se possível a junção e/ou edição de dados; exibir visualmente os resultados de consultas à base de dados, de estatísticas e de gráficos; efetuar análises de gestão de pavimentos e visualizar as condições da rede através da dinâmica da codificação de cores dos diversos trechos rodoviários (Ibraheem e Fali, 2011; Silva, 1998);
- Permite efetuar um melhor planeamento, por exemplo, no âmbito da gestão de pavimentos, poupando tempo, garantindo análises mais fiáveis e com melhor qualidade, através de recursos gráficos que apoiam a tomada de decisão.

2.10 Síntese

Neste capítulo começou-se por enumerar os tipos e as famílias de patologias. Esta sistematização é essencial no âmbito da observação de pavimentos para uma gestão mais eficaz da infraestrutura.

Descreveu-se a estrutura geral do Sistema de Gestão de Pavimentos utilizado neste trabalho e indicaram-se os princípios da organização de uma base de dados rodoviária a elaborar num SGP. Referiu-se também a importância da referenciação da informação sobre os itinerários e trechos da rede.

Fez-se a apresentação dos parâmetros que são considerados no SAQ utilizado. Mostrou-se que esses parâmetros podem ser utilizados de forma separada ou em conjunto para avaliar a qualidade dos pavimentos no âmbito de um SGP, sublinhando as vantagens e os inconvenientes de cada um dos tipos de procedimentos.

Foram apresentados os objetivos da inclusão de um SAD nos SGP e fez-se referência aos Modelos de Previsão de Comportamento dos pavimentos.

No que se refere aos custos envolvidos na conservação, apresentaram-se os custos da administração e os custos dos utentes, os quais podem ser considerados no âmbito dos SGP.

Fez-se uma descrição dos órgãos de drenagem, da sinalização vertical e das marcas rodoviárias a considerar no âmbito deste trabalho.

Por fim, fez-se uma breve descrição das vantagens da utilização de um SIG no âmbito da gestão da conservação, e apresentaram-se os princípios de armazenamento e georeferenciação de dados.

3 DEFINIÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA A CONSIDERAR NO ESTUDO

3.1 Enquadramento

Miranda do Corvo é um município cuja sede é uma vila Portuguesa pertencente ao Distrito de Coimbra, situado na região Centro, sub-região do Pinhal Interior Norte, com cerca de 13098 habitantes (Censos 2011). O município tem 126,38 km^2 de área, subdividido em quatro freguesias (Lamas; Miranda do Corvo; Semide e Rio de Vide; Vila Nova). Tem uma extensão total de vias de aproximadamente 200 km.

Para a elaboração deste trabalho consideraram-se cerca de 50 km de extensão da rede, com o objetivo de efetuar o levantamento do estado da rede, proceder ao diagnóstico e fazer propostas de ação de conservação na rede rodoviária urbana de Miranda do Corvo.

Além da análise do estado de conservação dos pavimentos, fez-se a inventariação, classificação e conservação da sinalização vertical, das marcas rodoviárias e do sistema de drenagem superficial.

Os itinerários considerados no estudo foram escolhidos após a elaboração de uma proposta efetuada ao Município de Miranda do Corvo, tendo-se priorizado doze itinerários da rede rodoviária dentre todos os que faziam parte da proposta. A seleção recaiu sobre as principais vias municipais que fazem a ligação aos concelhos vizinhos e que possuem um tráfego considerável de veículos motorizados.

Além disso, para ajudar no processo de decisão sobre as ações de manutenção a considerar, procedeu-se à hierarquização das vias municipais, uma vez que os recursos financeiros são geralmente escassos e, assim, o decisor tem a possibilidade de atuar em primeiro lugar nas vias municipais mais importantes.

3.2 Condições Climáticas do Território Estudado

Nos pavimentos rodoviários flexíveis, a preservação das características destes depende da combinação de algumas variáveis externas ao pavimento propriamente dito, das quais se destacam a temperatura e o tráfego. O módulo de deformabilidade de uma camada betuminosa é influenciado pela temperatura a que se encontra em serviço, designadamente o efeito combinado de temperaturas elevadas e da ação do tráfego na evolução da deformação permanente. Torna-se, portanto, importante que a ação da temperatura seja bem conhecida. Outro fator importante daquela interação prende-se com as espessuras das camadas

betuminosas. Quanto maior for a espessura menor tende a ser a temperatura de serviço (Baptista, 1999).

Um trabalho anterior (Baptista, 1999) desenvolvido em Portugal, considerou o território continental do país dividido em quatro zonas climáticas (Figura 3.1), designadas por zona temperada, zona média Norte Mondego, zona média Sul Mondego e zona quente. Aquele zonamento foi obtido com base nas temperaturas máximas que ocorrem no período estival. Estas zonas são delimitadas pelas isotérmicas de temperatura máxima do ar no período de Verão, porque são as temperaturas mais elevadas do ar no Verão que mais condicionam o dano infligido aos pavimentos flexíveis devido ao comportamento do betume (Baptista, 1999).

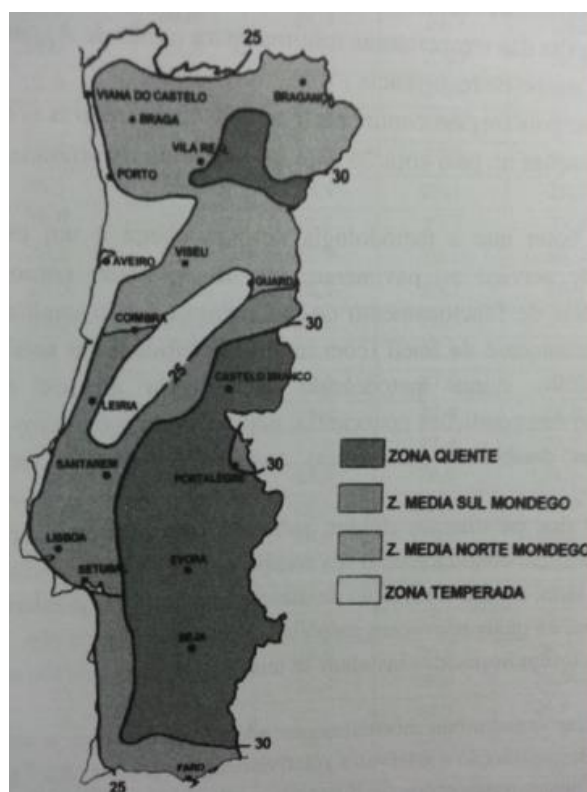


Figura 3.1 – Zonas climáticas de Portugal (adaptado de Baptista, 1999)

Como se pode observar na Figura 3.1, o município de Miranda do Corvo situa-se na zona média sul Mondego, embora entre a parte sul e a parte norte do município possam existir especificidades locais do clima (por exemplo na zona que integra parte da Serra da Lousã). Em termos médios, pode considerar-se que os pavimentos no concelho estão sujeitos a condições climáticas semelhantes, com um valor típico de temperatura no Verão entre os 25 °C e os 30 °C.

O clima em Miranda do Corvo é quente e temperado, com maior pluviosidade no Inverno do que no Verão, apresenta uma temperatura média de 16,1 °C e uma pluviosidade média anual de 923 mm (CLIMATE-DATA, s.d.).

3.3 Definição das Vias a Caracterizar

3.3.1 Seleção das vias incluídas no estudo

Os troços alvo do estudo foram escolhidos de acordo com a sua importância para o município, designadamente por fazerem a ligação aos municípios vizinhos, por terem tráfego de pesados significativo e pela importância estratégica no desenvolvimento local. Ao todo neste estudo analisaram-se 55,7 km de extensão.

O município decidiu dar maior prioridade à análise de 11 troços com uma extensão total de 46,77 km. Adicionalmente verificou-se ser também necessário o estudo de outros troços com alguma importância, quer no perímetro urbano quer na zona industrial, visto que alguns fazem a ligação às principais vias do município e outros constituem a ligação ao centro urbano, com uma extensão total de 8,93 km.

Os 11 troços considerados prioritários foram os que se indicam a seguir:

- MC 633 (entre a vila de Miranda do Corvo e o limite do concelho a noroeste, fronteira com o concelho de Coimbra), com uma extensão de 11,09 km;
- MD 1203, com o prolongamento da MD 1153 (entre a localidade de Lata e a localidade de Cabouco, limite do concelho a norte - fronteira com o concelho de Coimbra), com uma extensão de 4,57 km;
- ER 17-1 (EN 17-1 desclassificada, entre as localidades de Carapinhal e Montoiro), com uma extensão de 3,39 km;
- MC 555 (entre a vila de Miranda do Corvo e a localidade de Espinho, limite do concelho a este - fronteira com o concelho da Lousã), com uma extensão de 4,74 km;
- Rua Vialonga / Souravas (entre a localidade de Vialonga e a localidade de Souravas, limite do concelho a sul), com uma extensão de 4,46 km;
- MD 564 (entre a localidade de Godinhela e o limite do concelho a Oeste, fronteira com o concelho de Penela), com uma extensão de 4,93 km;
- MD 556 (entre a localidade de Vila Nova e o cruzamento com EN 17-1), com uma extensão de 1,87 km;
- MD 1217 (entre a localidade de Pisão e a ETAR, limite do concelho a sudoeste - fronteira com o concelho de Penela), com uma extensão de 0,80 km;
- MD 568 (entre a localidade de Vendas da Serra, no limite a nordeste do concelho de Miranda do Corvo com o concelho de Coimbra, e a localidade de Senhor da Serra), com uma extensão de 2,92 km;
- MD 1205-1 (entre o limite a oeste do concelho de Miranda do Corvo com o de Coimbra e a localidade de Vendas da Serra), com uma extensão de 2,26 km;
- MD 1207 com o prolongamento da MD 1208 (entre as localidades de Carapinhal e Ponte do Gaiate), com uma extensão de 5,74 km.

Os troços adicionais também considerados foram os seguintes:

- Avenida Padre Américo (nos dois sentidos – E-O e O-E), com uma extensão de 0,85 km no sentido O-E e 0,84 km no sentido E-O;
- MD 1214 (entre a rotunda da zona industrial e a localidade de Pereira), com uma extensão de 1,60 km;
- Rua do Boqueiro, com uma extensão de 0,32 km;
- Rua da zona industrial, com uma extensão de 0,71 km;
- ER 342 (EN 342 desclassificada, entre a Rotunda Padre Américo e a intersecção com a ER 17-1), com uma extensão de 0,70 km;
- ER 342 (EN 342 desclassificada, entre a rotunda dos bombeiros e a intersecção com a Rua Doutor Mota Pinto, com uma extensão de 0,36 km);
- ER 342 (EN 342 desclassificada, entre a intersecção com a ER 17-1 e a rotunda dos bombeiros, com uma extensão de 0,23 km);
- Rua da estação, com uma extensão de 0,11 km;
- Rua S.C. Lopes, com uma extensão de 0,08 km;
- Rua da zona industrial II (entre a rotunda da zona industrial e a rotunda de Pereira), com uma extensão de 0,22 km;
- Rua da zona industrial III (RZI III) (entre a rotunda de Montoiro e o fim da zona industrial), com uma extensão de 0,82 km;
- Rua da zona industrial IV (estrada sem saída no meio da zona industrial), com uma extensão de 0,23 km;
- Rua 25 de Abril, com uma extensão de 1,00 km;
- Rua Doutor Mota Pinto, com uma extensão de 0,86 km.

Na Figura 3.2 localizam-se num mapa as vias consideradas no estudo.

3.3.2 Hierarquização viária das vias selecionadas

A Figura 3.2 representa a hierarquização das vias do município de Miranda do Corvo consideradas no estudo. Foi efetuada uma organização em quatro níveis hierárquicos: via arterial (ou coletora), via distribuidora principal, via distribuidora local e via de acesso local.

A atribuição da hierarquia viária de todas as vias do município e consequentemente das vias analisadas, foi através do software ArcGIS por meio de um basemap. O mapa utilizado foi o open street map, no qual os diversos níveis hierárquicos aparecem diferenciados por cores diferentes. Em alguns casos não se considerou o que estava pré-definido no mapa, por não corresponder à função que a via desempenhava.

Constata-se que as vias arteriais (ou coletoras) e as vias distribuidoras principais são pouco numerosas, predominando as vias distribuidoras locais e as vias de acesso local. Isto acontece porque se trata de um município tipicamente rural, onde o tráfego é muito reduzido.

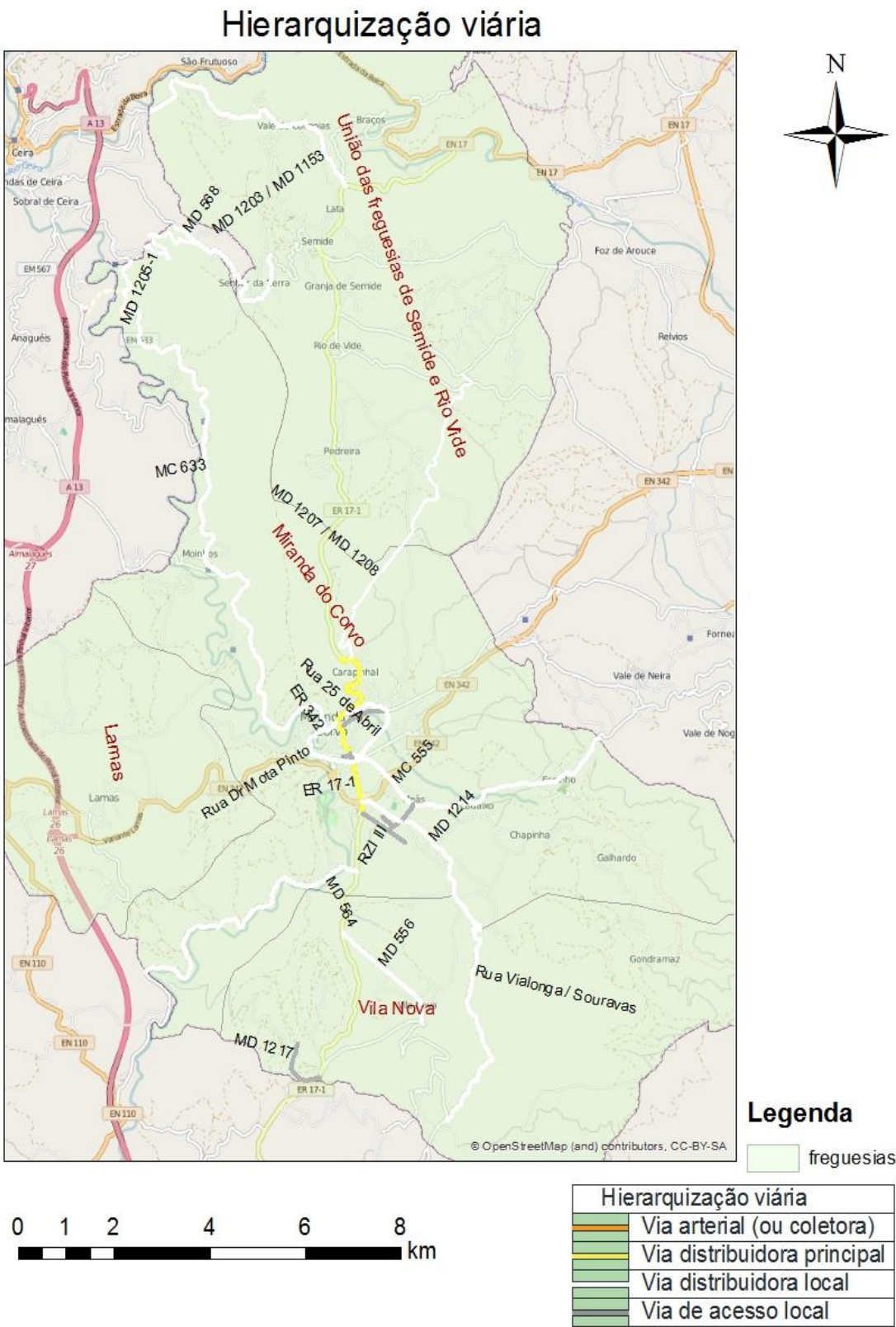


Figura 3.2 – Hierarquização viária do Município

3.3.3 Geometria do perfil transversal

Os perfis transversais das vias analisadas neste trabalho assemelham-se ao perfil transversal tipo apresentado nas figuras 3.3 e 3.4, variando apenas as dimensões das vias e das bermas entre os vários itinerários estudados.

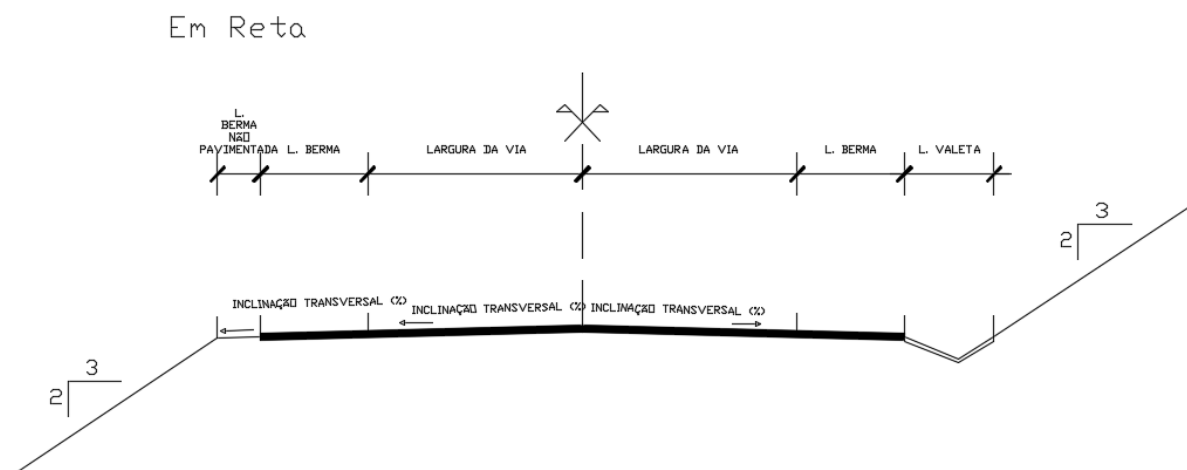


Figura 3.3 – Perfil transversal tipo em reta

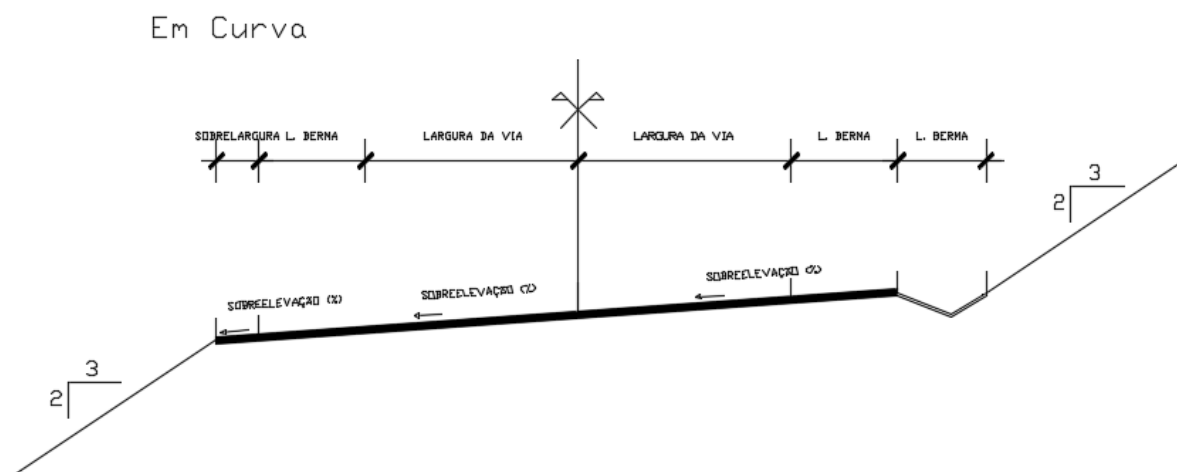


Figura 3.4 – Perfil transversal tipo em curva na zona de sobrelevação máxima

As larguras das vias dos itinerários analisados são apresentadas no Quadro 3.1. As bermas pavimentadas (quando existiam) e não pavimentadas têm entre 0,5 m e 1 m. A largura dos passeios varia entre 0,5 m e 1,5 m. As guardas de segurança eram todas flexíveis, em perfil W.

Quadro 3.1 – Largura das vias

Via	Largura (m)
Avenida Padre Américo O-E	4
Avenida Padre Américo E-O	4
MD 1214	6
Rua do Boqueiro	6
Rua Zona Industrial	6
Rua Vialonga / Souravas	5
ER 342	6,2
Rua da Estação	6
Rua S.C. Lopes	6
MD 1205-1	6
RZI II	7
RZI III	7
RZI IV	7
Rua 25 de Abril	6
Rua Dr. Mota Pinto	7
ER 17-1	6,3
MC 633	7
MC 555	6
MD 1203 e MD 1153	6
MD 564	6
MD 568	6
MD 1207 e MD 1208	5
MD 556	6
MD 1217	5

Relativamente ao sistema de drenagem, este é constituído por órgãos semelhantes aos descritos em 2.6, com atravessamentos hidráulicos transversais frequentes e ocasionalmente passagens hidráulicas (PH). As valetas revestidas em betão ou não revestidas têm uma largura compreendida entre 0,5 m e 1,2 m e uma profundidade entre 0,15 m e 0,5 m.

Para facilitar o escoamento transversal das águas na superfície do pavimento, a inclinação transversal da estrada geralmente não é inferior a 2,5% para pavimentos betuminosos. Esta é a situação verificada para o caso dos itinerários analisados. Excetuando as zonas de transição da sobre-elevação (SE), em curva aquele valor é geralmente superior, apresentando valores superiores para raios de curva mais baixos, de modo a assegurar uma boa drenagem superficial e para a melhorar a segurança e comodidade dos utentes.

Um veículo ao descrever uma curva necessita de mais espaço para se inscrever na trajetória, o que exige um acréscimo de largura da via - a sobrelargura (SL). Atendendo aos raios reduzidos que as vias analisadas apresentam em várias situações, muitas das curvas existentes têm sobrelargura. Porém, no âmbito do presente trabalho não se deu particular relevância ao levantamento explícito daquele parâmetro porquanto o mesmo apresenta uma relevância pouco significativa para o que se pretende estudar.

3.3.4 Constituição dos pavimentos

As estradas ER 17 e ER 342 apresentam a estrutura do pavimento indicada na Figura 3.5 e para todas as outras vias a estrutura é a indicada na Figura 3.6.

O CBR (*California Bearing Ratio*) foi o parâmetro considerado para caracterizar a fundação, representando a sua resistência. Foi possível recolher o valor de CBR nos registos de construção das estradas ER 17-1 e ER 342 cujo valor era de 12%. De acordo com o MACOPAV, um solo com um valor de CBR desta ordem de grandeza é classificado como solo do tipo S3, podendo constituir, só por si, uma classe de fundação do tipo F2, com um módulo de deformabilidade típico de 60 MPa.



Figura 3.5 – Estrutura do pavimento das estradas ER 17 e ER 342



Figura 3.6 – Estrutura do pavimento das restantes vias

3.3.5 Estabelecimento de segmentos para análise

Nas vias analisadas neste trabalho consideraram-se vários segmentos (troços) que no máximo tinham 1000 m, subdivididos em trechos com 100 m de extensão, para os quais se determinou o IQ (índice de qualidade), pela metodologia que se descreve no capítulo seguinte. O início e fim de cada troço foi marcado com pontos de calibração, para facilitar o carregamento de informação no ArcGIS, como se pode observar na Figura 3.7.

Na Figura 3.7 representa-se a via MD 556 e ilustra a forma como se elaboraram os segmentos para análise. Esta via foi constituída por um 1º troço com 1000 m e um 2º troço com 870 m.

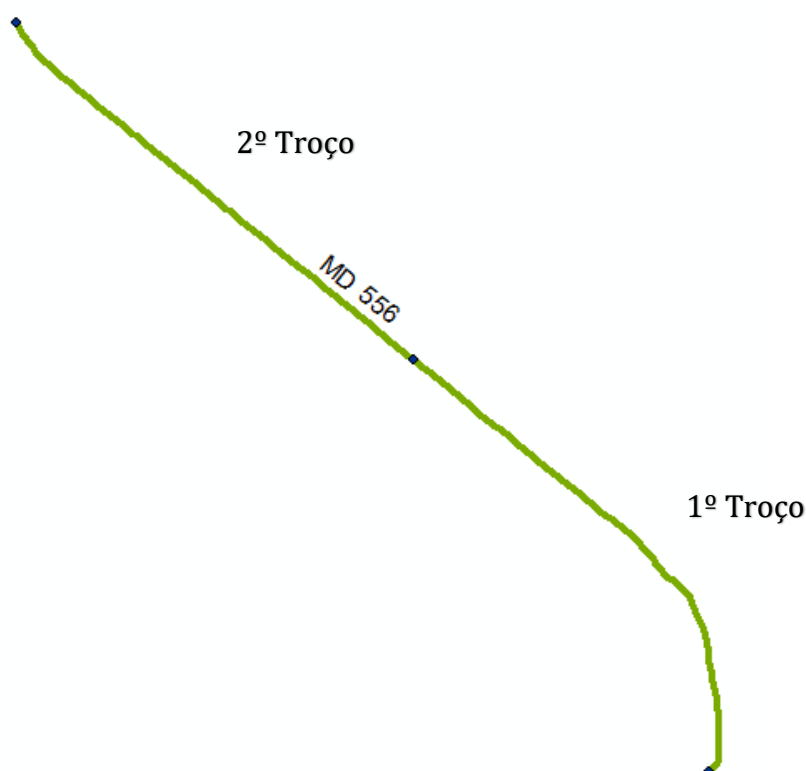


Figura 3.7 – Constituição da MD 556

Os pontos de calibração observados na Figura 3.7 definem as coordenadas do ponto inicial e final de cada trecho, servindo de referência para todas as vias. Este método chama-se referenciação linear e está explicado no subcapítulo 2.9.

3.4 Síntese

Neste capítulo fez-se o enquadramento geográfico e uma breve descrição do território do município de Miranda do Corvo (demografia, localização, freguesias constituintes, zona climática, etc).

Fez-se ainda a apresentação e descrição das vias consideradas para análise neste trabalho e a sua hierarquização na rede viária do município.

Caraterizou-se a geometria das vias em relação às dimensões dos perfis transversais e a constituição dos pavimentos.

Por último, mostrou-se um exemplo de como se consideraram os trechos para análise.

4 METODOLOGIA PARA A CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTADO DA REDE

4.1 Enquadramento

A observação da superfície dos pavimentos fornece informação relativa às patologias existentes. A inspeção visual de pavimentos é passível de alguma subjetividade na sua análise. Para diminuir esta subjetividade foi utilizado um documento que normaliza a forma de classificar as patologias (Picado-Santos, 2013), tal como acontece em geral nos catálogos de degradações utilizados para o mesmo fim.

A análise das degradações superficiais permite inferir sobre o estado geral dos pavimentos. Não é de esperar que um pavimento com um número considerável de patologias e/ou com um nível de gravidade elevado em algumas delas tenha boas características estruturais ou funcionais. Por isso, a inspeção das degradações superficiais fornece informação fundamental para determinar a qualidade dos pavimentos.

Os órgãos de drenagem ao afastarem a água da superfície e da fundação do pavimento contribuem também para a durabilidade do pavimento e da sua estrutura. Para isso, têm que desempenhar bem a sua função. Neste trabalho além do inventário e localização dos órgãos de drenagem superficial também se observou e classificou o seu estado de conservação.

De extrema importância para a segurança na circulação dos utentes é a existência de sinalização rodoviária. Neste trabalho também se fez um inventário e localização das marcas rodoviárias e da sinalização vertical das vias, tendo-se atribuído uma classificação relativa ao seu estado de conservação.

4.2 Levantamento do Estado de Conservação dos Pavimentos

Todo o levantamento do estado de conservação dos pavimentos foi feito percorrendo os itinerários a pé e registando de forma manual as características que se pretendia identificar. À medida que se ia percorrendo o itinerário fez-se o registo das patologias numa ficha de observação de pavimentos (Figura 4.1).

No levantamento utilizou-se o seguinte material e acessórios:

- Fita métrica (30 m);
- Régua 0,20 m;
- Colete refletor;
- Roda de medição (odómetro);

- Máquina fotográfica;
- Tabela de patologias;
- Ficha de observação de pavimentos.

FICHA DE OBSERVAÇÃO

Nome do observador:			Trecho n.º:			Data da observação:/...../.....		
---------------------	--	--	-------------	--	--	---------------------------------------	--	--

Estrada:		Data de construção:/...../.....		Estrutura do pavimento:		Material	Espessura (m)
Classe da estrada:		Data da última reabilitação:/...../.....				Desgaste	
Classe de tráfego:		TMDA:				Regularização	
		TMDAp:				Base	
Comprimento médio do trecho:						Sub-base	
Largura média do trecho:						Leito do pav.	
						CBR= %	

Distância (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Fendilhamento											
Pele de crocodilo											
Covas											
Peladas											
Def. localizadas											
Rodeiras											
Reparações											
Irregularidade											
Aderência											

Figura 4.1 – Ficha de observação de pavimentos (adaptado de Meneses, 2006)

A informação referente aos troços em análise foi colocada numa folha de cálculo electrónica previamente formatada para efetuar a avaliação da qualidade dos pavimentos. Para isso foi utilizada uma metodologia baseada no subsistema de avaliação da qualidade utilizado no estado do Nevada, Estados Unidos da América, e aplicado à cidade de Lisboa em 1999 com a modificação de coeficientes de modo a que o sistema pudesse ser aplicado à rede nacional (Picado-Santos et al., 2004).

A fórmula (4.1) foi a usada inicialmente no estado do Nevada (Picado-Santos et al., 2004):

$$IQ = 5 \times e^{(-0,0002598 \times IRI)/4} - \frac{0,002139}{4} \times R^2 - 7 \times 0,03 \times (C + S + P)^{0,5} \quad (4.1)$$

A expressão (4.2) corresponde à adaptação da fórmula (4.1) para a cidade de Lisboa (Picado-Santos et al., 2004):

$$IQ = 5 \times e^{(-0,0002598 \times IRI)} - 0,002139 \times R^2 - 0,1 \times (C + S + P)^{0,5} \quad (4.2)$$

Onde:

IQ – é o índice da qualidade que varia de 0 a 5 (o mesmo que PSI – *Present Serviceability Index* na metodologia original);

IRI – é o índice internacional de irregularidade longitudinal do pavimento (mm/km);

R – é a profundidade média das rodeiras (mm);

C – é a área com fendilhamento e pele de crocodilo ($m^2/100m^2$, em %);

S – é a área com degradação superficial de materiais como o conjunto das “deteriorações superficiais” e as covas ($m^2/100m^2$, em %);

P – é a área com reparações ($m^2/100m^2$, em %).

Nota: $(C+S+P) \leq 100\%$

Na Figura 4.2 são explicadas as regras de classificação dos parâmetros C, S e P da fórmula (4.2) (Picado-Santos, 2013).

O IRI é estimado com base nos restantes os parâmetros de degradação superficial levantados, determinando-se um nível de IRI dentre três possíveis, como se pode ver no Quadro 4.1 (Picado-Santos, 2013).

A Figura 4.3 mostra um exemplo de cálculo do IRI e do IQ. No exemplo consideram-se 200 m de extensão de via com uma largura de 7 m. 100m afetados por fendilhamento do tipo 2, 20m afetados por fendilhamento do tipo 3, 30m afetados de peladas do tipo 2, 50m com rodeiras do tipo 1, 100m com rodeiras do tipo 2 e 50m com rodeiras do tipo 3. A restante extensão da via caracteriza-se por um nível de gravidade 1 (o mínimo considerado na metodologia) em cada uma das patologias.

$$C = \frac{20 \times 7 + 100 \times 2}{1400} = 24\%$$

$$S = \frac{30 \times 2}{1400} = 4,3\%$$

$$P = 0$$

$$R = \frac{100 \times 20 + 50 \times 30 + 50 \times 5}{200} = 19mm$$

O IRI determina-se da seguinte forma:

$$\text{Fendilhamento: } \frac{2 \times 100 + 3 \times 20 + 1 \times 80}{200} = 1,70 \Rightarrow 1,25 < 1,70 \leq 2,25 \Rightarrow \text{Tipo 2} \quad (4.3)$$

$$\text{Rodeiras: } \frac{2 \times 100 + 3 \times 50 + 1 \times 50}{200} = 2,0 \Rightarrow 1,25 < 2,0 \leq 2,25 \Rightarrow \text{Tipo 2} \quad (4.4)$$

$$\text{Peladas: } \frac{2 \times 30 + 1 \times 170}{200} = 1,2 \leq 1,25 \Rightarrow \text{Tipo 1} \quad (4.5)$$






Degradação	Gravidade	Descrição do Nível de Gravidade	Exemplo	Área afectada / valor adoptado para efeitos de cálculo da qualidade
Rodeiras	1	Profundidade máxima da rodeira inferior a 10mm		5mm
	2	Profundidade máxima da rodeira entre 10mm e 30mm		20mm
	3	Profundidade máxima da rodeira superior a 30mm		30mm
Fendilhamento	1	Fenda isolada		0,5m x comprimento afectado
	2	Fendas longitudinais ou transversais abertas e/ou ramificadas		2,0m x comprimento afectado
	3	Pele de crocodilo		Largura do trecho x comprimento afectado
Peladas, Desagregação superficial, Exsudação de betume, Polimento dos agregados, Deformações localizadas	1	Anomalia com largura inferior a 30cm		0,5m x comprimento afectado
	2	Anomalia com largura entre 30cm e 100cm		2,0m x comprimento afectado
	3	Anomalia com largura superior a 100cm		Largura do trecho x comprimento afectado
Covas (Ninhos)	1	Profundidade máxima da cavidade inferior a 2cm		0,5m x comprimento afectado
	2	Profundidade máxima da cavidade entre 2cm e 4cm		2,0m x comprimento afectado
	3	Profundidade máxima da cavidade superior a 4cm ou várias covas de qualquer largura na mesma secção transversal		Largura do trecho x comprimento afectado
Reparações	1	Reparações bem executadas		¼ da largura do trecho x comprimento afectado
	2	Reparações com baixa qualidade de execução ou má elaboração das juntas		½ da largura do trecho x comprimento afectado
	3	Reparações mal executadas		Largura do trecho x comprimento afectado

Figura 4.2 – Catálogo de Patologias (Picado-Santos, 2013)

Quadro 4.1 - Valores de IRI [adaptado de (Picado-Santos, 2013)]

Degradação	Intervalo	Condição	Nível	IRI
Fendilhamento	$\leq 1,25$	\leq	1	Tipo 1 IRI=700mm/km
Rodeiras		\leq	1	
Peladas, desagregação sup., exsudação, etc.		\leq	1	
Fendilhamento	$> 1,25$ e $\leq 2,25$			Tipo 2 IRI=2000mm/km
Rodeiras				
Peladas, desagregação sup., exsudação, etc.				
Fendilhamento	$> 2,25$	=	3	Tipo 3 IRI=3500mm/km
Rodeiras		=	3	
Peladas, desagregação sup., exsudação, etc.		\geq	2	

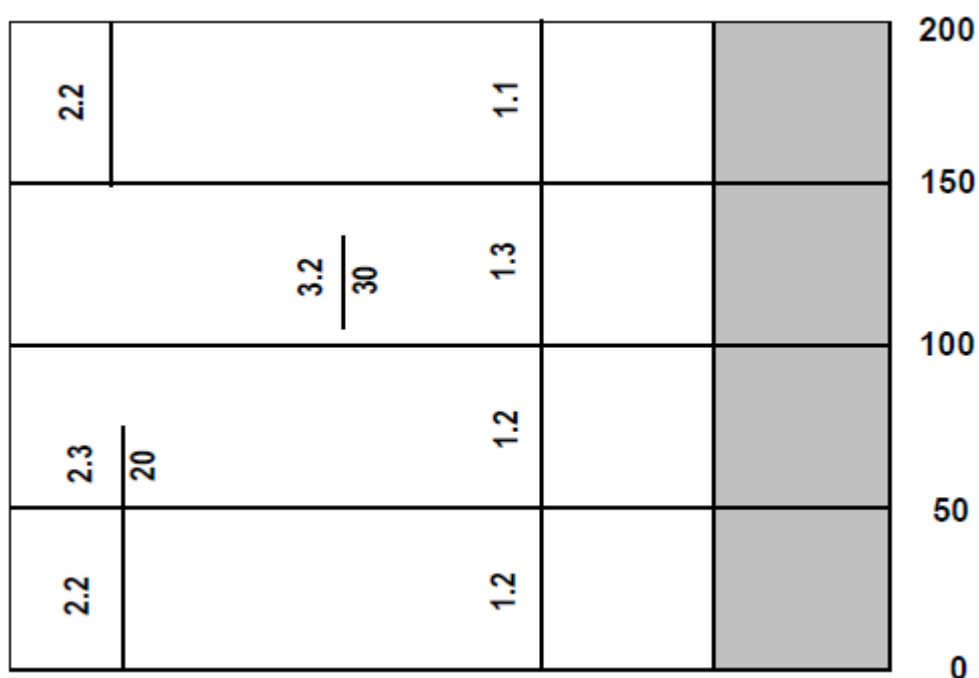


Figura 4.3-Exemplo de cálculo do IQ (Picado-Santos, 2013)

O valor do IRI é considerado como o caso mais gravoso das equações (4.3), (4.4) e (4.5). Neste caso considera-se um IRI=2,0, ou seja, do tipo 2, com um valor de 2000 mm/km.

Assim, resulta para o valor de IQ, através da expressão (4.2):

$$IQ = 5 \times e^{(-0,0002598 \times 2000)} - 0,002139 \times 19^2 - 0,1 \times (28,3)^{0,5} = 1,7$$

Neste exemplo, e de acordo com a classificação do IQ (Quadro 4.2), o pavimento apresenta um estado de conservação Mau.

Quadro 4.2 – Graduação e classificação do IQ

Índice de Qualidade	Classificação
4-5	Muito Bom (MB)
3-4	Bom (B)
2-3	Medíocre (Med)
1-2	Mau (M)
0-1	Muito Mau (MM)


4.3 Levantamento e Inventário do Estado de Conservação dos Órgãos de Drenagem

Consideraram-se três níveis ao estado de conservação dos órgãos de drenagem, como se ilustra no Quadro 4.3. Aquela classificação foi feita de forma qualitativa de modo a espelhar o nível de funcionamento dos órgãos, tendo em conta o estado de conservação ou a obstrução do fluxo de água pela existência de vegetação ou lixo no interior do órgão.



No Quadro 4.4 está representada a forma como foi feita a compilação da informação do levantamento e inventário do sistema de drenagem, em particular das valetas, incluindo-se a localização e a classificação respeitante ao seu estado de conservação (1-bom; 2-razoável; 3-mau).

No Quadro 4.4 estão representados os primeiros 200 m da via MD 1214. A análise das valetas foi efetuada de dez em dez metros, assinalando-se a existência ou inexistência de valeta, e a localização à esquerda (E), à direita (D) ou de ambos os lados (E/D).

Quadro 4.3 – Resumo da classificação do estado das valetas

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 1		Órgão em perfeito estado de conservação, podendo ser revestido ou não, e que não apresenta qualquer obstáculo ao movimento da água.

Quadro 4.3 – Resumo da classificação do estado das valetas (Cont.)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 2		Órgão pouco degradado, podendo ser revestido ou não, e que pode apresentar alguma sujidade e/ou vegetação; órgão em perfeito estado de conservação mas que apresenta sujidade e/ou vegetação.
Tipo 3		Órgão em mau estado de conservação, podendo ser revestido ou não, e que apresenta muita sujidade e/ou vegetação; órgão em perfeito /razoável estado de conservação mas que apresenta muita sujidade e/ou vegetação.



Quadro 4.4 – Exemplo do levantamento e inventário de valetas

Via	Início (m)	Fim (m)	Valetas	Classificação
MD 1214	0	10	-	-
MD 1214	10	20	-	-
MD 1214	20	30	-	-
MD 1214	30	40	-	-
MD 1214	40	50	-	-
MD 1214	50	60	-	-
MD 1214	60	70	-	-
MD 1214	70	80	-	-
MD 1214	80	90	V (D)	1
MD 1214	90	100	V (D)	1
MD 1214	100	110	V (D)	1
MD 1214	110	120	V (D)	1
MD 1214	120	130	V (D)	1
MD 1214	130	140	V (D)	1
MD 1214	140	150	V (D)	2
MD 1214	150	160	V (D)	2
MD 1214	160	170	V (D)	2
MD 1214	170	180	V (D)	3
MD 1214	180	190	V (D)	3
MD 1214	190	200	V (E)	1


No que se refere aos atravessamentos hidráulicos (AH), consideraram-se também três estados de conservação, tal como se ilustra no Quadro 4.5. Tal como para as valetas, a classificação espelha a funcionalidade dos AH, em função do estado de conservação e/ou da obstrução do fluxo de água por existência de vegetação ou lixo.

No Quadro 4.6 está representada a forma como foi feita a compilação da informação do levantamento e inventário dos AH, incluindo-se a localização e a classificação do seu estado de conservação (1-bom; 2-razoável; 3-mau).

Quadro 4.5 – Resumo da classificação do estado dos atravessamentos hidráulicos (AH)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 1		Órgão em perfeito estado de conservação e que não apresenta qualquer tipo de obstrução.
Tipo 2		Órgão pouco degradado, e que pode apresentar alguma sujidade e/ou vegetação; órgão em perfeito estado de conservação mas que pode estar parcialmente obstruído por detritos e/ou vegetação.

Quadro 4.5 – Resumo da classificação do estado dos atravessamentos hidráulicos (AH)
(Cont.)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 3		Órgão em mau estado de conservação e que apresenta muita sujidade e/ou vegetação; órgão em perfeito/razoável estado de conservação mas que está obstruído por detritos e/ou vegetação.

Quadro 4.6 – Exemplo do levantamento e inventário dos atravessamentos hidráulicos (AH)

Via	Localização (m)	Classificação
MD 1214	464,0	3
Rua Vialonga / Souravas	463,0	2
Rua Vialonga / Souravas	859,0	2
Rua Vialonga / Souravas	1005,0	2
Rua Vialonga / Souravas	1277,0	2
Rua Vialonga / Souravas	1792,0	2
Rua Vialonga / Souravas	2960,0	3
Rua Vialonga / Souravas	3137,0	3

No Quadro 4.6 estão assinalados os AH existentes nas vias MD 1214 e Rua Vialonga / Souravas. A sua localização na via, ou seja, a sua distância foi feita em relação à origem da via.


4.4 Inventário e Levantamento do Estado de Conservação da Sinalização Vertical

De modo a obter uma boa avaliação da situação sem, contudo, onerar muito o esforço de levantamento, optou-se por simplificar o levantamento, considerando apenas 7 tipos de sinais, agrupando os de identificação de localidades com os de direção, de modo a formar um grupo designado por sinais de direção.



Consideraram-se três níveis para o estado de conservação da sinalização vertical (Quadro 4.7), para traduzir a visibilidade dos mesmos, em função do estado de conservação ou da obstrução visual por parte de árvores, vegetação ou outros obstáculos.

No Quadro 4.8 está representada a forma como foi feita a compilação da informação do levantamento e inventário da sinalização vertical, incluindo a localização e a classificação respeitante ao seu estado de conservação (1-bom; 2-razoável; 3-mau).

Quadro 4.7 – Resumo da classificação da sinalização vertical

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 1		Sinal em perfeito estado de conservação, sem obstáculos a perturbarem a visibilidade dos mesmos pelos utentes da via.

Quadro 4.7 – Resumo da classificação da sinalização vertical (Cont.)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 2		Sinal algo deteriorado mas que conserva todas as características funcionais; sinal em perfeito/ razoável estado de conservação mas parcialmente obstruído.
Tipo 3		Sinal em mau estado de conservação; sinal em perfeito/ razoável estado mas completamente obstruído.

Quadro 4.8 – Exemplo do inventário e levantamento da sinalização vertical

Via	Distância à origem (m)	Sinalização Vertical (SV)	Classificação
APA (O-E)	149,0	Sinal de cedência de passagem e perigo (dir.)	1
APA (O-E)	174,5	Sinal de informação (dir.)	1
APA (O-E)	192,5	Sinal de cedência de passagem e obrigação (dir.)	1
APA (O-E)	272,0	Sinal de obrigação e informação (dir.)	1
APA (O-E)	660,0	Sinal de perigo e cedência de passagem (dir.)	2
APA (O-E)	797,5	Sinal de obrigação e cedência de passagem (dir.)	2
APA (E-O)	8,0	Sinal de direção (dir.)	1
APA (E-O)	10,0	Sinal de cedência de passagem e obrigação (dir.)	1
APA (E-O)	70,0	Sinal de proibição (dir.)	2
APA (E-O)	555,7	Sinal de perigo e cedência de passagem (dir.)	1
APA (E-O)	569,0	Sinal de informação (dir.)	1
APA (E-O)	607,2	Sinal de cedência de passagem e obrigação (dir.)	1
APA (E-O)	661,5	Sinal de informação (dir.)	1
APA (E-O)	788,8	Sinal de perigo (dir.)	2
APA (E-O)	838,8	Sinal de cedência (dir.)	1
MD 1214	0,0	Sinal de cedência de passagem e obrigação (dir.)	2
MD 1214	31,5	Sinais de direção (esq.)	1
MD 1214	39,0	Sinal de perigo e informação (dir.)	1
MD 1214	168,0	Sinal de perigo e cedência de passagem (esq.)	2
MD 1214	187,0	Sinal de informação (esq.)	2
MD 1214	206,0	Espelho (dir.)	2
MD 1214	266,0	Sinal de proibição (dir.)	2
MD 1214	358,0	Sinal de perigo e informação (dir.)	2
MD 1214	404,5	Sinal de informação (dir.)	2
MD 1214	411,0	Sinal de informação (esq.)	1

Quadro 4.8 – Exemplo do inventário e levantamento da Sinalização Vertical (Cont.)

Via	Distância à origem (m)	Sinalização Vertical (SV)	Classificação
MD 1214	456,5	Sinal de perigo (dir.)	1
MD 1214	491,0	Sinal de perigo (esq.)	2
MD 1214	563,0	Sinal de proibição (esq.)	3
MD 1214	575,5	Sinal de perigo (dir.)	1
MD 1214	675,0	Sinal de perigo (esq.)	2
MD 1214	678,0	Espelho (dir.)	3
MD 1214	691,0	Espelho (esq.)	1
MD 1214	739,0	Espelho (esq.)	1
MD 1214	755,0	Sinal de proibição (dir.)	2
MD 1214	755,3	Espelho (dir.)	2
MD 1214	965,0	Sinal de proibição (dir.)	2
MD 1214	974,0	Sinal de perigo (dir.)	1
MD 1214	1032,0	Sinal de perigo e informação (dir.)	1
MD 1214	1039,0	Sinal de informação (esq.)	2
MD 1214	1042,0	Sinal de informação (dir.)	1
MD 1214	1052,0	Espelho (esq.)	1
MD 1214	1055,0	Sinal de cedência de passagem (esq.)	2
MD 1214	1071,0	Sinal de perigo e informação (dir.)	1
MD 1214	1089,0	Sinal de proibição (esq.)	2
MD 1214	1101,5	Sinal de informação (esq.)	1
MD 1214	1112,0	Sinal de informação (dir.)	1
MD 1214	1118,0	Sinal de proibição (dir.)	1
MD 1214	1123,0	Sinal de informação (esq.)	3
MD 1214	1146,0	Sinal de informação (dir.)	1
MD 1214	1164,0	Sinal de proibição (esq.)	1

Quadro 4.8 – Exemplo do inventário e levantamento da Sinalização Vertical (Cont.)

Via	Distância à origem (m)	Sinalização Vertical (SV)	Classificação
MD 1214	1170,0	Sinal de perigo e informação (esq.)	1
MD 1214	1238,0	Espelho (esq.)	1
MD 1214	1271,0	Sinal de proibição (esq.)	3
MD 1214	1458,0	Sinal de informação (esq.)	2

No Quadro 4.8 está representada toda a informação relativa à sinalização vertical existente na via Avenida Padre Américo no sentido O-E (APA-O-E) e E-O (APA E-O), e na via MD 1214. A distância indicada é medida em relação à origem de cada via.

4.5 Inventário e Classificação das Marcas Rodoviárias

Pelas razões referidas para o levantamento da sinalização vertical, no caso das marcas rodoviárias, fez-se também uma simplificação no levantamento, tendo-se recolhido informação relativa aos 3 tipos de marcas rodoviárias mais comuns na rede.

Foram também considerados três níveis para o estado de conservação das marcas rodoviárias (Quadro 4.9), em função da visibilidade das mesmas, a qual está intimamente ligada ao estado de conservação.

No Quadro 4.10 está representada a forma como foi feita a compilação da informação do levantamento e inventário das marcas rodoviárias longitudinais, incluindo a sua localização, tipo de marca e a classificação do seu estado de conservação (1-bom; 2-razoável; 3-mau).

No Quadro 4.10 está toda a informação recolhida relativa às marcas rodoviárias longitudinais existentes em parte da via MD 1207 / MD 1208.


Consideraram-se também três níveis para o estado de conservação das marcas rodoviárias transversais (Quadro 4.11), os quais representam a visibilidade das mesmas em função do seu estado de conservação.

No Quadro 4.12 está representada a forma como foi feita a compilação da informação do levantamento e inventário das marcas rodoviárias transversais e das lombas reductoras de velocidade (LRV), incluindo a localização e a classificação respeitante ao seu estado de conservação (1-bom; 2-razoável; 3-mau).

Quadro 4.9 – Resumo da classificação das marcas rodoviárias

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 1		Marca em perfeito estado de conservação; marca com muito pouco desgaste, mas que está perfeitamente visível.
Tipo 2		Marca com algum desgaste e deterioração, mas que apresenta ainda boa visibilidade.

Quadro 4.9 – Resumo da classificação das marcas rodoviárias (Cont.)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 3		Marca muito desgastada e deteriorada que é difícil ou impossível de visualizar



Quadro 4.10 – Exemplo do inventário e levantamento de marcas rodoviárias longitudinais

Via	De (m)	Até (m)	Marca rodoviária	Classificação
MD 1207 / MD 1208	3350	3360	Traço contínuo	3
MD 1207 / MD 1208	3360	3370	Traço contínuo	3
MD 1207 / MD 1208	3370	3380	Traço contínuo	3
MD 1207 / MD 1208	3380	3390	Traço contínuo	2
MD 1207 / MD 1208	3390	3400	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3400	3410	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3410	3420	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3420	3430	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3430	3440	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3440	3450	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3450	3460	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3460	3470	Traço descontinuo	2


Quadro 4.10 – Exemplo do Inventário e levantamento de marcas rodoviárias longitudinais
(Cont.)

Via	De (m)	Até (m)	Marca rodoviária	Classificação
MD 1207 / MD 1208	3470	3480	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3480	3490	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3490	3500	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3500	3510	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3510	3520	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3520	3530	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3530	3540	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3540	3550	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3550	3560	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3560	3570	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3570	3580	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3580	3590	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3590	3600	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3600	3610	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3610	3620	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3620	3630	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3630	3640	Traço descontinuo	2
MD 1207 / MD 1208	3640	3650	Não visível	
MD 1207 / MD 1208	3650	3660	Não visível	
MD 1207 / MD 1208	3660	3670	Não visível	
MD 1207 / MD 1208	3670	3680	Não visível	

Quadro 4.11 – Resumo da classificação das marcas rodoviárias transversais e lombas redutoras de velocidade (LRV)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 1		Marca em perfeito estado de conservação; marca com muito pouco desgaste, mas que está perfeitamente visível.
Tipo 2		Marca com algum desgaste e deterioração, mas que apresenta ainda boa visibilidade.

Quadro 4.11 – Resumo da classificação das Marcas Rodoviárias (marcas transversais) e lombas redutoras de velocidade (LRV) (cont.)

Classificação	Exemplos	Descrição
Tipo 3		Marca muito desgastada e deteriorada, que se torna difícil de visualizar ou até mesmo impossível.

Quadro 4.12 – Exemplo do Inventário e levantamento da Sinalização Horizontal (marcas transversais)

Via	Distância	Marcas transversais	Classificação
ER 17-1	130	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	838	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	50	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	89,5	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	260	Passagem para peões (M11)	1
ER 17-1	270	Passagem para peões (M11)	1
ER 17-1	30	Passagem para peões (M11)	3
ER 17-1	111	Passagem para peões (M11)	3
ER 17-1	211	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	266	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	318	Passagem para peões (M11)	2

Quadro 4.12 – Exemplo do Inventário e levantamento da Sinalização Horizontal (marcas transversais) (Cont.)

Troço	Distância	Marcas transversais	Classificação
ER 17-1	358	LRV - tipo trapezoidal (passagem para peões-M11)	3
ER 17-1	380,5	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	527	LRV - tipo trapezoidal (passagem para peões-M11)	2
ER 17-1	576	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	677,5	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	752,2	LRV - tipo trapezoidal (passagem para peões-M11)	2
ER 17-1	798,5	Passagem para peões (M11)	2
ER 17-1	844	LRV - tipo trapezoidal (passagem para peões-M11)	2
ER 17-1	907	Passagem para peões (M11)	3
ER 17-1	973,4	Passagem para peões (M11)	3
ER 17-1	68	LRV - tipo trapezoidal (passagem para peões-M11)	2
ER 17-1	211,6	Passagem para peões (M11)	3
ER 17-1	243	Passagem para peões (M11)	3
ER 17-1	413,3	LRV - tipo trapezoidal (passagem para peões-M11)	2
ER 17-1	497,5	Passagem para peões (M11)	3

No Quadro 4.12 está toda a informação recolhida relativa às marcas rodoviárias transversais e às lombas redutoras de velocidade (LRV), existente na via ER 17-1.

4.6 Inventário dos Passeios e Guardas de Segurança

No Quadro 4.13 representa-se a forma como se efetuou a compilação da informação do levantamento e inventário dos passeios (P) das vias analisadas, incluindo a sua localização em relação à origem e o lado da via onde se localizam, esquerda (E), direita (D) ou ambos os lados.

Quadro 4.13 – Exemplo do inventário e levantamento dos passeios (P)

Troço	De (m)	Até (m)	Passeio (P)
APA O-E	0	10	P (E/D)
APA O-E	10	20	P (E/D)
APA O-E	20	30	P (E/D)
APA O-E	30	40	P (E/D)
APA O-E	40	50	P (E/D)
APA O-E	50	60	P (E/D)
APA O-E	60	70	P (E/D)
APA O-E	70	80	P (E/D)
APA O-E	80	90	P (E/D)
APA O-E	90	100	P (E/D)
APA O-E	100	110	P (E/D)
APA O-E	110	120	P (E/D)
APA O-E	120	130	P (E/D)
APA O-E	130	140	P (E/D)

No Quadro 4.13 está toda a informação registrada relativa aos passeios, contida nos primeiros 130m da via Avenida Padre Américo, sentido O-E (APA O-E).

No Quadro 4.14 está representado a forma como foi feita a compilação da informação do levantamento e inventário das Guardas de Segurança (GS) das vias analisadas para as quais se inclui a sua localização em relação à origem e o lado onde se localizam, esquerda (E), direita (D) ou ambos os lados.

No Quadro 4.14 está toda a informação relativa às guardas de segurança analisada neste trabalho, existente nos primeiros 140m do troço 12.2 da via MC 633.

Quadro 4.14 – Exemplo do inventário e levantamento das guardas de segurança (GS)

Troço	De (m)	Até (m)	Guardas de segurança (GS)
MD 1203 / MD 1153	2640	2650	
MD 1203 / MD 1153	2650	2660	
MD 1203 / MD 1153	2660	2670	R (E)
MD 1203 / MD 1153	2670	2680	R (E)
MD 1203 / MD 1153	2680	2690	R (E)
MD 1203 / MD 1153	2690	2700	R (E)
MD 1203 / MD 1153	2700	2710	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2710	2720	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2720	2730	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2730	2740	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2740	2750	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2750	2760	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2760	2770	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2770	2780	R (D)
MD 1203 / MD 1153	2780	2790	R (D)

Optou-se por não colocar em anexo mais informação acerca do que foi descrito no subcapítulo 4.6 por ser demasiada a informação contida neste trabalho.

4.7 Síntese

Neste capítulo descreveu-se o modo como se fez o levantamento das patologias e apresentou-se a metodologia de cálculo do IRI para se chegar aos valores do IQ a partir do levantamento das patologias que se efetuou.

Apresentaram-se alguns exemplos do levantamento, inventário e respetivo estado de conservação (classificado como 1-bom, 2-razoável ou 3-mau) dos órgãos de drenagem (valetas, atravessamentos hidráulicos e passagens hidráulicas), da sinalização vertical, das marcas rodoviárias longitudinais, transversais e LRV e, por fim, dos passeios e guardas de segurança.

5 ANÁLISE DA REDE RODOVIÁRIA DE MIRANDA DO CORVO

5.1 Enquadramento

Os pavimentos rodoviários estão sujeitos logo após a sua construção a ações (tráfego, temperatura, etc.) que vão contribuir para a sua degradação ao longo do tempo, diminuindo gradualmente a sua qualidade inicial e o seu nível de serviço. Para se conseguir assegurar um bom nível de serviço é necessário executar ações de conservação e/ou reabilitação do pavimento, para assim se manter/melhorar as características funcionais e estruturais ao longo do seu ciclo de vida (Oliveira et al, s.d.). A Figura 5.1 ilustra o ciclo de vida genérico dos pavimentos rodoviários, mostrando que no ciclo de gestão da conservação se sucedem ações de observação e avaliação da qualidade, as quais podem originar ações de conservação. O ciclo deve manter-se ao longo do período de serviço da infraestrutura.

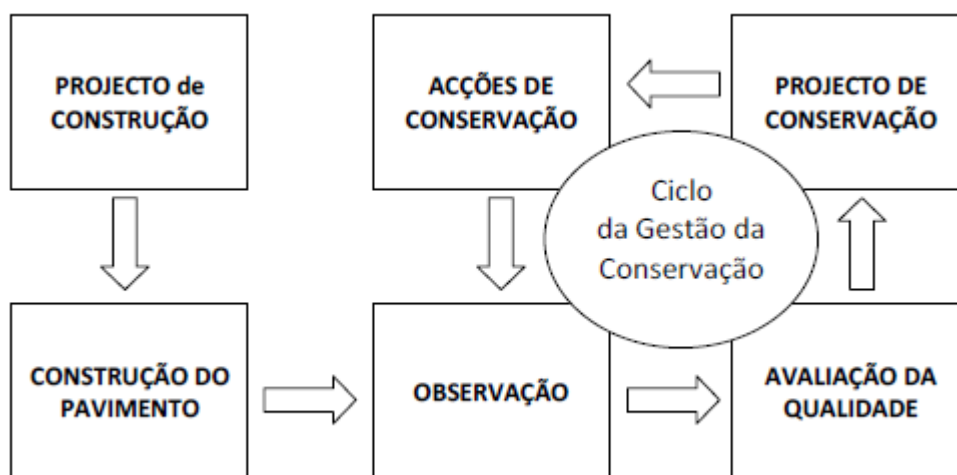


Figura 5.1 – Ciclo de vida dos pavimentos rodoviários [adaptado de (Oliveira et al, s.d.)]

Neste capítulo faz-se uma descrição do estado geral atual da rede analisada no município de Miranda do Corvo e da previsão da sua evolução futura a curto e médio prazo.

A figura 5.2 representa a evolução do IQ ao longo do tempo, indicando o efeito das medidas de conservação e reabilitação, e o momento ideal de atuação.

Neste trabalho vai-se expor a diferença qualitativa de custos referente à aplicação de ações de conservação e de ações de reabilitação (rácio de 1 para 5), ou seja, quanto mais se demora a atuar e maior é a degradação do pavimento, mais dispendiosa fica a intervenção e maior é o custo envolvido na conservação da rede.

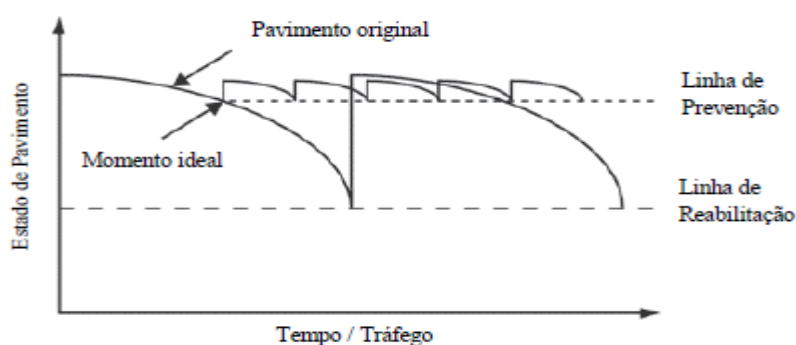


Figura 5.2 – Efeito das ações de conservação no estado de um pavimento ao longo do tempo [adaptado de (Santos, 2014)]

Em geral, as estratégias de conservação preventiva são preferíveis porque acarretam menos custos para a administração e para os utentes, e também porque tendem a impedir que a superfície do pavimento se degrade rapidamente e possibilite a manutenção de um bom IQ ao longo do tempo.

5.2 Dados de tráfego

Inicialmente não se dispunha de informação para a elaboração de uma base de dados. Por isso, em colaboração com o Município de Miranda do Corvo, procedeu-se à recolha da informação necessária para se poder calcular o Índice de Qualidade (IQ) dos pavimentos dos trechos selecionados para análise. O Município de Miranda do Corvo disponibilizou informação sobre a estrutura dos pavimentos (número de camadas e respetiva espessura) e sobre os serviços municipais de transportes escolares (deslocações e frequência), além de ter disponibilizado uma viatura para as deslocações aos troços selecionados e material para a sua análise.

Para a determinação do Tráfego Médio Diário Anual de Pesados ($TMDA_p$) em cada troço, necessário para a caracterização do tráfego, recorreu-se à informação disponibilizada pela Metro-Mondego SA, relativamente às ligações entre Coimbra e Miranda. Recorreu-se também à informação disponibilizada pelo operador de transportes (Transdev) que assegura os transportes públicos em geral e os serviços municipais de transporte escolar, para estimar com maior rigor o tráfego de pesados. Não tendo sido possível um levantamento mais rigoroso da situação, para ter em conta o tráfego relativo a cargas e descargas nalguns casos em que se verificava a realização de cargas e descargas em zonas industriais, aumentou-se em vinte por cento o valor do tráfego de pesados a que se chegou. Todas as estradas analisadas possuem uma única via no mesmo sentido, pelo que o Tráfego Médio Diário Anual de Pesados considerado na via mais solicitada ($TMDA_p$) foi de 50% do tráfego total.

No Quadro 5.1 estão indicados os valores de ($TMDA_p$) de todas as vias analisadas.

Quadro 5.1 – Valores de $TMDA_p$ das vias analisadas

Via	($TMDA_p$)	Acréscimo de 20%
Avenida Padre Américo O-E	Trânsito de pesados proibido	-
Avenida Padre Américo E-O	Trânsito de pesados proibido	-
MD 1214	3	-
Rua do Boqueiro	3	-
Rua Zona Industrial	4	Sim (acesso zona industrial)
Rua Vialonga / Souravas	3	-
ER 342	50	-
Rua da Estação	16	-
Rua S.C. Lopes	16	-
MD 1205-1	12	-
RZI II	6	Sim (acesso zona industrial)
RZI III	6	Sim (acesso zona industrial)
RZI IV	6	Sim (acesso zona industrial)
Rua 25 de Abril	15	-
Rua da GNR	5	-
ER 17-1	50	-
MC 633	20	-
MC 555	10	-
MD 1203 e MD 1153	7	-

Quadro 5.1 – Valores de $TMDA_p$ das vias analisadas (Cont.)

Via	($TMDA_p$)	Acréscimo de 20%
MD 564	3	-
MD 568	13	-
MD 1207 e MD 1208	7 (nos primeiros 2,000 km – até à fábrica de produtos cerâmicos e pedreira)	Sim (acesso zona industrial)
MD 1207 e MD 1208	3 (nos restantes 3,740 Km)	-
MD 556	7	-
MD 1217	3	-

5.3 Sistema de Avaliação da Qualidade (SAQ) aplicado à rede em estudo

5.3.1 Sistema de avaliação da qualidade dos pavimentos

Os troços alvo do estudo foram escolhidos de acordo com a sua importância para o município, quer por fazerem a ligação aos municípios vizinhos, quer por terem bastante tráfego de pesados. Ao todo analisaram-se cerca de 55,7 km de extensão. O levantamento fez-se de acordo com o descrito no subcapítulo 4.3.

Como se referiu, o IQ calculado é classificado em cinco intervalos, correspondendo uma cor a cada intervalo e uma menção qualitativa, tal como se mostrou no Quadro 4.2.

O Quadro 5.2 resume a informação relativa ao IQ das vias analisadas. A apresentação dos resultados do levantamento do IQ no ano 0, por via, é a média ponderada dos valores de IQ determinados em trechos de 100 m (nas situações em que o comprimento dos troços não é múltiplo de 100 m, consideraram-se também alguns trechos com comprimento inferior ou superior a 100 m).

Quadro 5.2 – Índices de qualidade das vias analisadas (ano 0)

Via	Comprimento (m)	IQ Via
Avenida Padre Américo E-O	0,840 km	2,222
Avenida Padre Américo O-E	0,850 km	2,115

Quadro 5.2 – Índices de qualidade das vias analisadas (ano 0) (Cont.)

Via	Comprimento (m)	IQ Via
MD 1217	0,800 km	3,652
MD 556	1,870 km	3,543
MD 564	4,930 km	3,519
MD 568	2,920 km	3,657
Rua Vialonga / Souravas	4,460 km	2,288
RZI II	0,220 km	2,344
RZI III	0,820 km	3,691
RZI IV	0,230 km	3,198
Rua 25 de Abril	1,000 km	2,343
Rua da Estação	0,110 km	1,825
ER 17-1	3.390 km	2,885
Rua do Boqueiro	0,320 km	2,945
Rua Dr Mota Pinto	0,860 km	3,226
Rua S. C. Lopes	0,080 km	1,697
Rua Zona Industrial	0,710 km	3,048
ER 342	0,930 km	3,514
MC 555	4,740 km	3,064
MC 633	11,090 km	2,804
MD 1203 / MD 1153	4,570 km	3,330
MD 1205-1	2,260 km	3,053
MD 1207 / MD 1208	5,740 km	3,258
MD 1214	1,600 km	3,098
Total km	55,700 km	
Média IQ/km		3,029

A análise do Quadro 5.2 permite verificar que existem 14 vias com a classificação de Bom, com valores de IQ na classe (3-4), 2 com a classificação de Mau, com valores de IQ na classe

(1-2) e as restantes 8 com a classificação de Medíocre, com valores de IQ na classe (2-3). A Figura 5.4 mostra o IQ da rede, por via, no ano do levantamento (ano 0).

Na análise da Figura 5.3 pode concluir-se que, de uma forma geral, as vias analisadas neste trabalho apresentam no ano de levantamento (ano 0) um estado predominantemente bom.

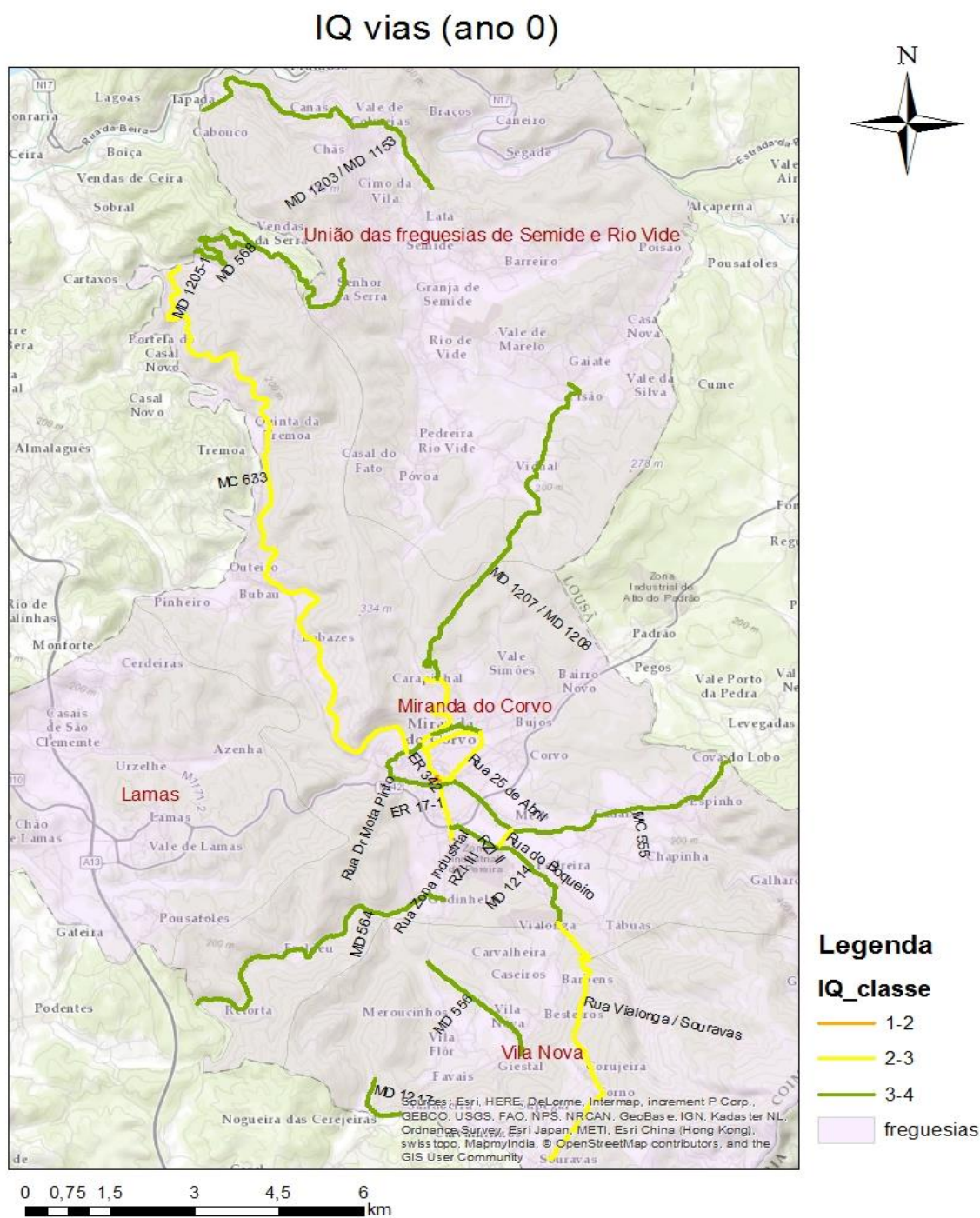


Figura 5.3 – IQ das vias calculado com base no levantamento efetuado no ano 0

O SIG contém informação mais detalhada, nomeadamente informação sobre os trechos constituintes das vias. A Figura 5.4 ilustra para a via ER 17-1 o IQ para cada um dos trechos de 100 m de extensão, no ano do levantamento (ano 0). No Quadro I-1 do Apêndice I apresenta-se a informação relativa à extensão das vias em cada uma das classe de IQ.

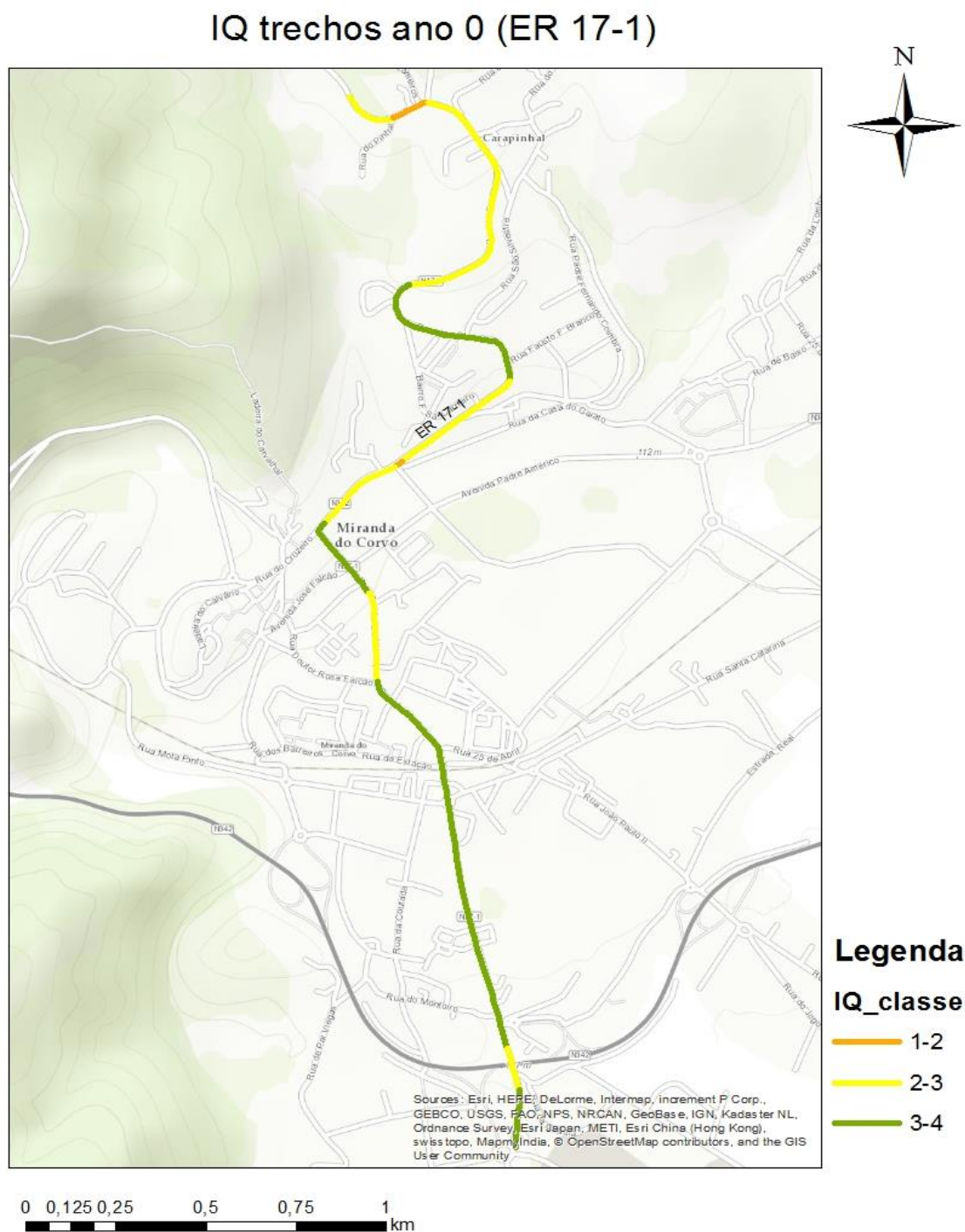


Figura 5.4 – IQ dos trechos na via ER 17-1 (ano 0)

O levantamento na via ER 17-1 fez-se de uma forma faseada, o que levou a que alguns trechos a meio do segmento tivessem comprimentos inferiores a 100 m. Tomou-se este exemplo por ser a estrada de maior importância analisada neste trabalho. A Figura 5.4 é complementada com as Figuras 5.5 e 5.6, nas quais são apresentadas, em percentagem e em extensão, as classes de IQ de todas as vias analisadas neste trabalho, no ano de levantamento (ano 0).

As Figuras 5.5 e 5.6 representam, respetivamente, a distribuição percentual e em metros da extensão de cada uma das vias analisadas por classe de IQ, no ano do levantamento.

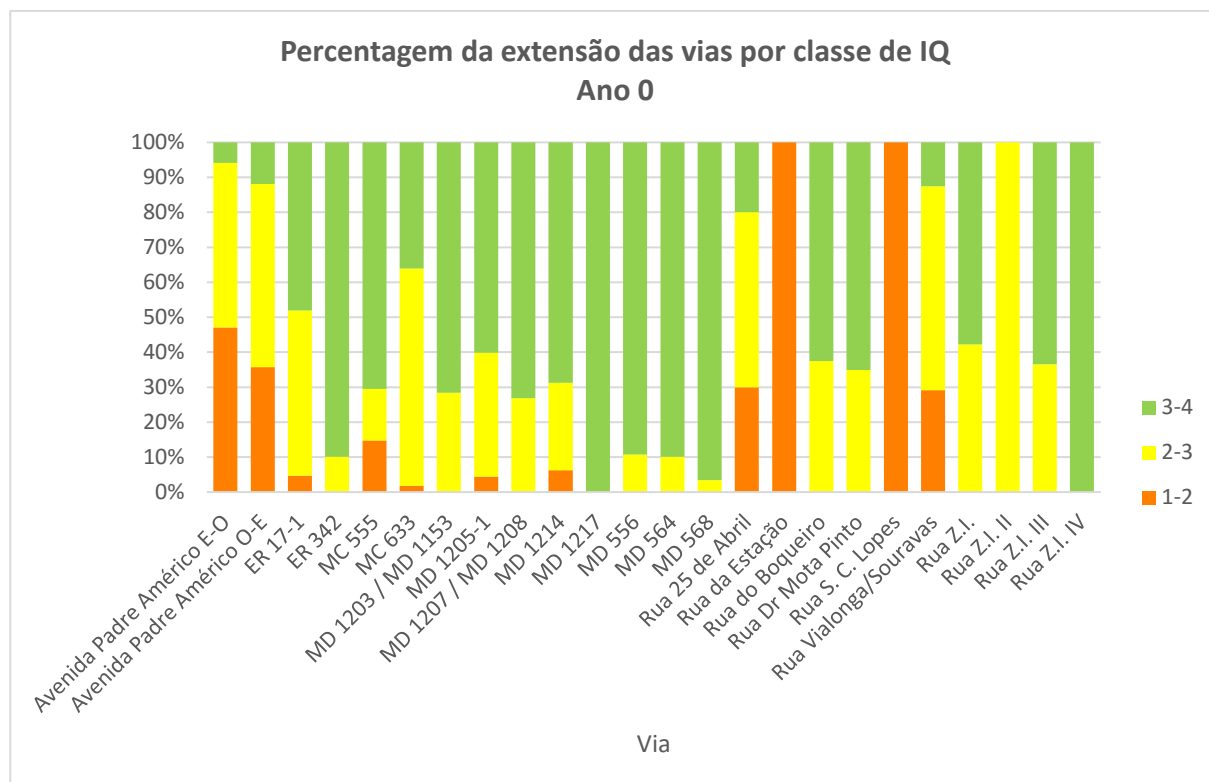


Figura 5.5 – Percentagem da extensão de cada uma das vias por classes de IQ (ano 0)

Da análise das Figuras 5.5 e 5.6 pode concluir-se que, de uma forma geral, as vias que se apresentam em melhores condições são a MD 1217 e a RZI IV (classe 3-4); e as que se apresentam em piores condições são a Rua da Estação e a Rua S. C. Lopes (classe 1-2).

A Figura 5.7 apresenta a distribuição percentual e em metros da extensão total da rede analisada, por classe de IQ. A informação mais detalhada para cada via no ano de levantamento encontra-se no Anexo I.

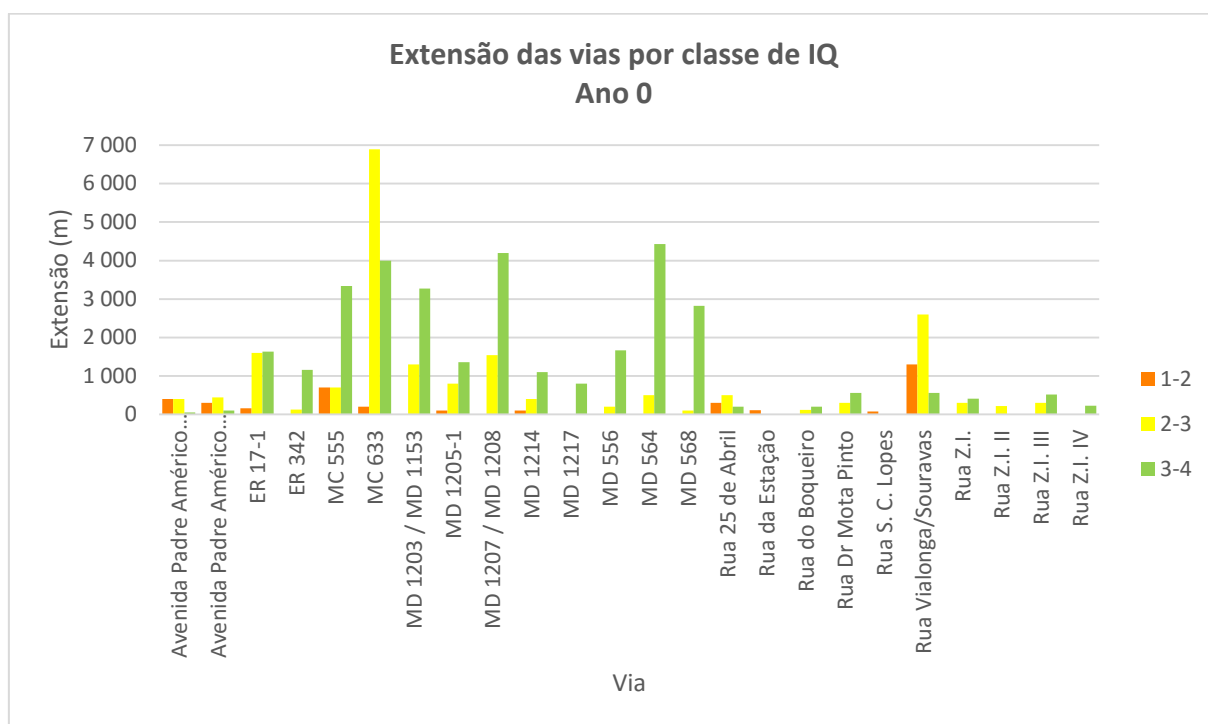


Figura 5.6 – Extensão de cada uma das vias por classe de IQ (ano 0)

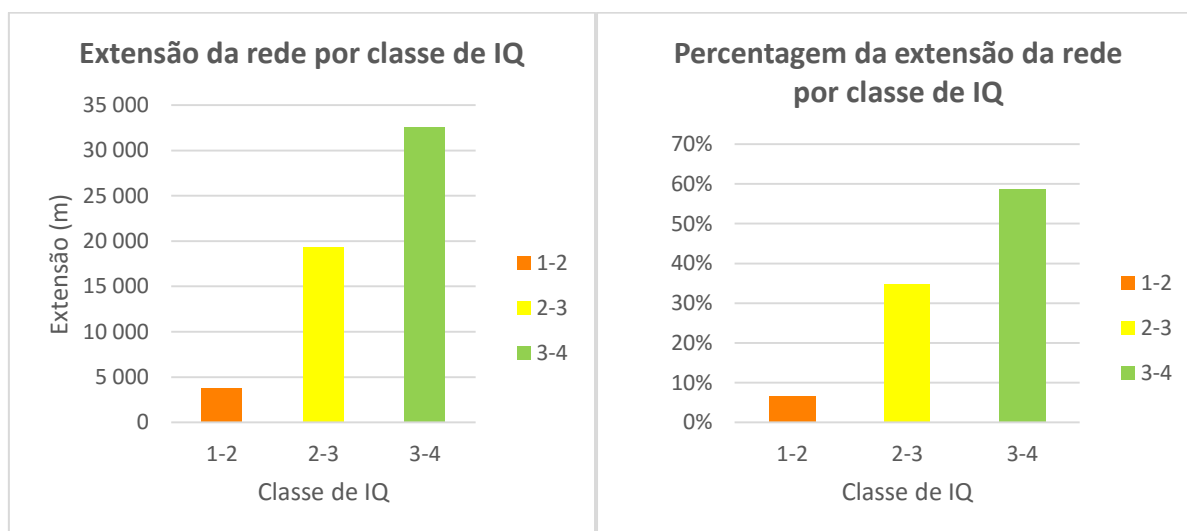


Figura 5.7 – Extensão total de vias, em percentagem e em metros, por classe de IQ (ano 0)

Ao observar a Figura 5.7 conclui-se que: 58,55% da rede, a que correspondem 32 600 m, estão na classe de IQ considerado Bom; 34,72%, a que correspondem 19 340 m, estão na classe de IQ Medíocre; 6,73%, a que correspondem 3 750 m, estão na classe de IQ Mau. Para as classes de IQ Muito Mau e Muito Bom, a percentagem é de 0%, dado que não existe qualquer extensão da rede analisada com um estado correspondente a estas classes.

Além da análise de forma agregada para toda a rede, por via ou por trecho, o SIG permite analisar os dados do levantamento por freguesia, tal como se ilustra na Figura 5.8, a qual apresenta as vias analisadas na freguesia de Miranda do Corvo no ano do levantamento.

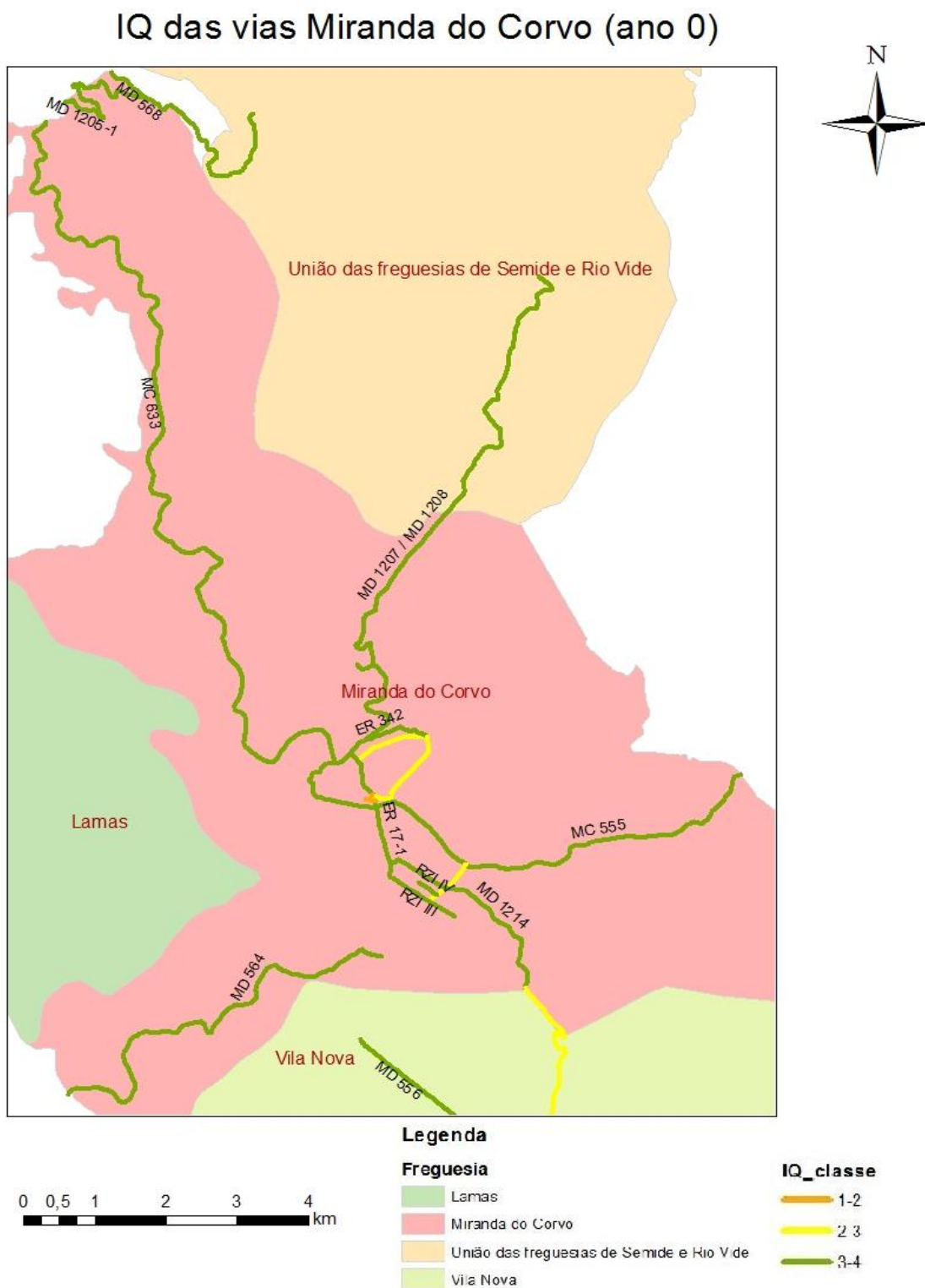


Figura 5.8 – IQ das vias da freguesia de Miranda do Corvo

Optou-se por apresentar na Figura 5.8 as vias na freguesia de Miranda do Corvo, uma vez que é a mais destacada neste trabalho em termos de extensão considerada, com um total de 39 131 m analisados.

O Quadro 5.3 apresenta as extensões e percentagens de vias em cada classe de IQ para as freguesias consideradas na análise: Vila Nova, União das freguesias de Rio de Vide e Semide, e Miranda do Corvo.

Quadro 5.3 - Percentagem e extensão das classes de IQ por freguesia

Freguesia	Classe de IQ	Extensões (m)	Percentagem (%)
Miranda do Corvo	0-1	0	0
Miranda do Corvo	1-2	2395	6
Miranda do Corvo	2-3	14967	38
Miranda do Corvo	3-4	21768	56
Total Miranda do Corvo		39131	100
Vila Nova	0-1	0	0
Vila Nova	1-2	1300	20
Vila Nova	2-3	2314	36
Vila Nova	3-4	2830	44
Total Vila Nova		6444	100
União das freguesias de Semide e Rio Vide	0-1	0	0
União das freguesias de Semide e Rio Vide	1-2	0	0
União das freguesias de Semide e Rio Vide	2-3	1940	21
União das freguesias de Semide e Rio Vide	3-4	7446	79
Total União das freguesias de Semide e Rio de Vide		9386	100
Total		54960	

No Quadro 5.3 e na Figura 5.9 pode observar-se que a maior extensão de vias analisadas se situa na freguesia de Miranda do Corvo e que, em termos percentuais de extensão por freguesia, as vias que estão em melhores condições se localizam na freguesia de Semide e Rio de Vide. A

Figura 5.9 mostra a extensão em metros e em percentagem da rede, por classe de IQ e por freguesia.

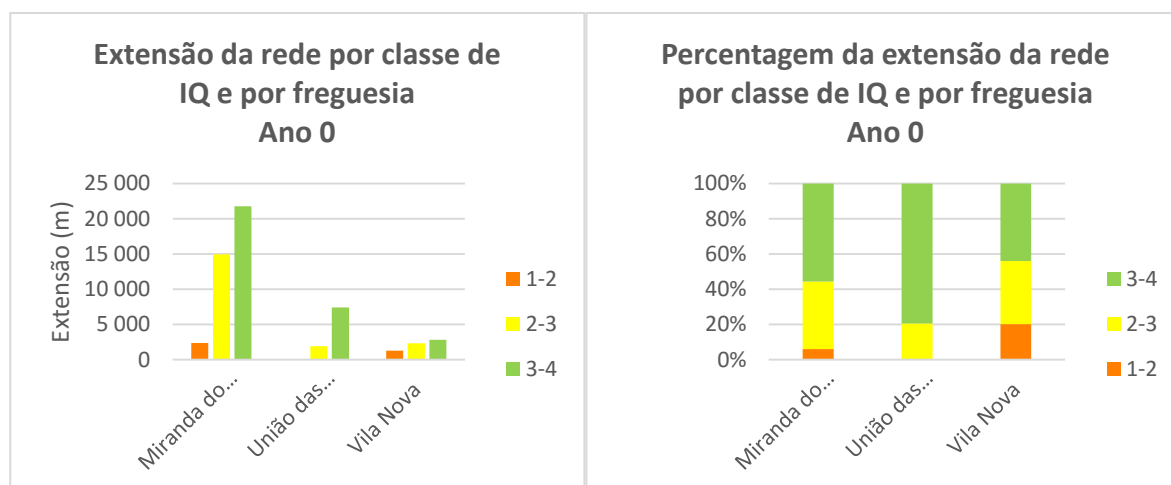


Figura 5.9 – Percentagem e extensão da rede, por classe de IQ e por freguesia

5.3.2 Avaliação da qualidade dos órgãos de drenagem e sinalização

Nesta secção apresentam-se os resultados do inventário e classificação dos órgãos de drenagem (valetas e AH - atravessamentos hidráulicos) e da sinalização rodoviária (marcas rodoviárias e sinalização vertical).

A Figura 5.10 apresenta a distribuição da sinalização vertical e marcas rodoviárias ao longo da via MD 556, assim como a classificação, em termo de estado de conservação, de cada um dos elementos da sinalização identificados. Para o sistema de drenagem (valetas e AH) utilizou-se a mesma via para exemplificar a forma como se organizou a informação. As Figuras 5.10 e 5.11 pretendem mostrar um exemplo da informação recolhida e também a utilidade do levantamento e registo dos dados de uma forma georreferenciada.

O Quadro 5.4 reúne a restante informação da sinalização vertical, por freguesia, e o total para o Município. A restante informação sobre as marcas rodoviárias encontra-se nos Quadro II-1 e II-2 no Anexo II.

Sinalização (MD 556)

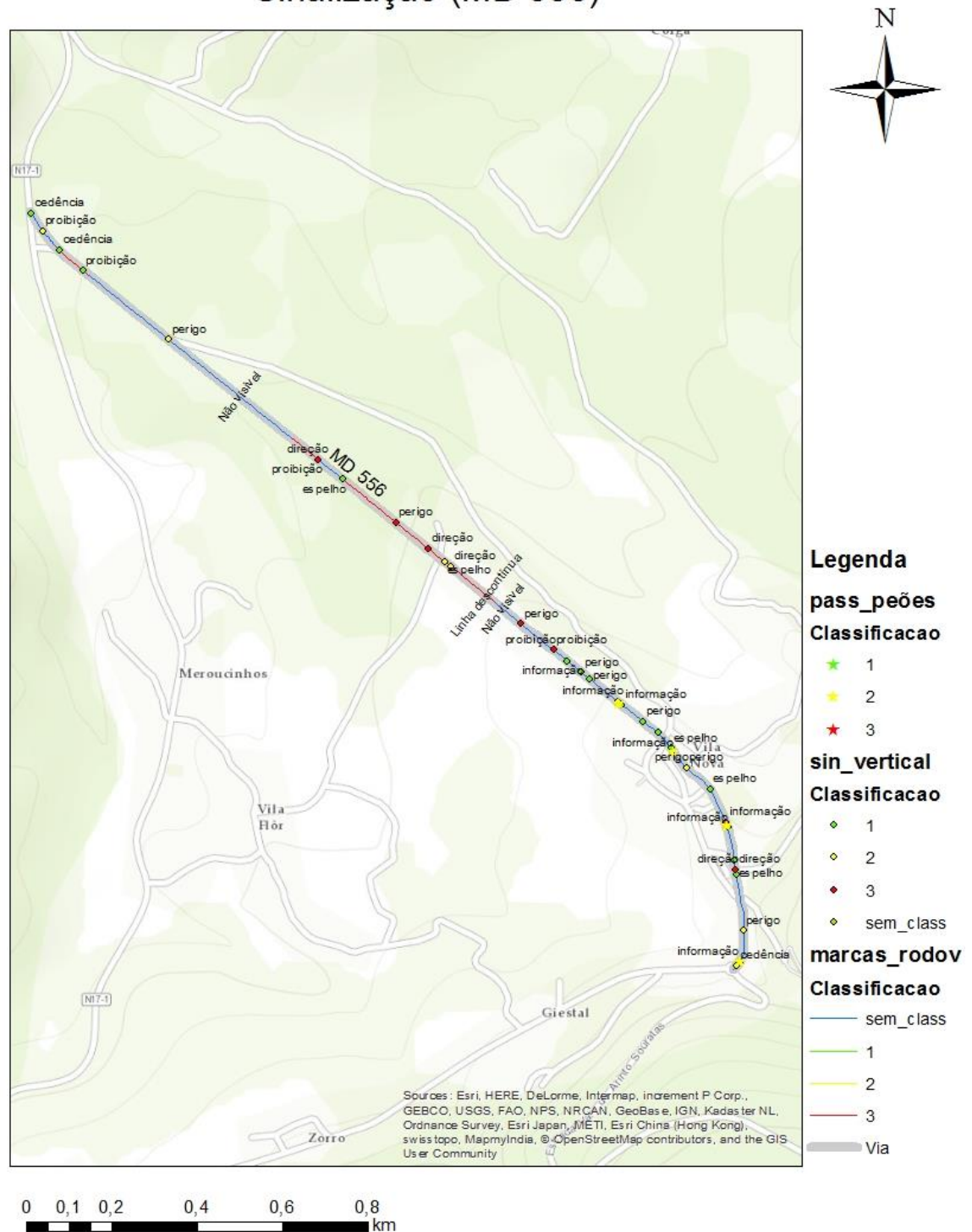


Figura 5.10 – Localização e estado de conservação da sinalização na via MD 556

Quadro 5.4 - Sinalização vertical por freguesia e no município

Freguesias/Sinais	Classificação/Quantidades				Classificação/Percentagens				Totais
	1	2	3	(nulo)	1	2	3	(nulo)	
Miranda do Corvo	314	254	95	1	47,29	38,25	14,31	0,15	664
Espelho	26	33	4		41,27	52,38	6,35	0,00	63
Semáforo	2	7	1		20,00	70,00	10,00	0,00	10
Sinal de cedência de passagem	28	21	5		51,85	38,89	9,26	0,00	54
Sinal de direção	26	26	18		37,14	37,14	25,71	0,00	70
Sinal de informação	89	37	14		63,57	26,43	10,00	0,00	140
Sinal de obrigação	21	8	1		70,00	26,67	3,33	0,00	30
Sinal de perigo	70	50	18	1	50,36	35,97	12,95	0,72	139
Sinal de proibição	51	72	34		32,48	45,86	21,66	0,00	157
Sinal de rotunda	1				100,00	0,00	0,00	0,00	1
União das freguesias de Semide e Rio Vide	81	27	18	1	63,78	21,26	14,17	0,79	127
Espelho	22	2	1		88,00	8,00	4,00	0,00	25
Semáforo				1	0,00	0,00	0,00	100,00	1
Sinal de cedência de passagem	10		2		83,33	0,00	16,67	0,00	12
Sinal de direção	7	7	7		33,33	33,33	33,33	0,00	21
Sinal de informação	16	7	2		64,00	28,00	8,00	0,00	25
Sinal de obrigação	1				100,00	0,00	0,00	0,00	1
Sinal de perigo	16	6	6		57,14	21,43	21,43	0,00	28
Sinal de proibição	9	5			64,29	35,71	0,00	0,00	14
Vila Nova	22	28	12		35,48	45,16	19,35	0,00	62
Espelho	8	5			61,54	38,46	0,00	0,00	13
Sinal de cedência de passagem	5	2			71,43	28,57	0,00	0,00	7

Quadro 5.4 - Sinalização vertical por freguesia e no município (Cont.)

Freguesias/Sinais	Classificação/Quantidades				Classificação/Percentagens				Totais
	1	2	3	(nulo)	1	2	3	(nulo)	
Sinal de direção		5	5		0,00	50,00	50,00	0,00	10
Sinal de informação	4	9	1		28,57	64,29	7,14	0,00	14
Sinal de perigo	3	4	3		30,00	40,00	30,00	0,00	10
Sinal de proibição	2	3	3		25,00	37,50	37,50	0,00	8
Total rede	417	309	125	2	48,89	36,23	14,65	0,23	853

A Figura 5.12 apresenta a distribuição do sistema de drenagem (valetas e AH) na via MD 556, podendo observar-se a disposição ao longo da via MD 556 do sistema de drenagem assim como a sua classificação em termos de estado de conservação.

O Quadro 5.5 reúne a restante informação do sistema de drenagem (valetas e AH) das restantes vias analisadas, por freguesia e para o total do município. A informação relativa aos atravessamentos hidráulicos é apresentada no Quadro II-3, no Apêndice II.

Quadro 5.5 - Totais do sistema de drenagem (valetas) por freguesia e para todo o município

Freguesias	Classificação/Extensão (m)					Total Freguesia (m)
	0	1	2	3	(em branco)	
Miranda do Corvo	20	10917,6	9234,3	16504,9	-	36676,8
União das freguesias de Semide e Rio Vide	-	7160,0	1770,0	2815,3	10,0	11755,3
Vila Nova		3230,0	770,0	3963,8	-	7963,8
Total Rede	20	21307,6	11774,3	23284,0	10,0	56395,9

Sistema de drenagem (MD 556)

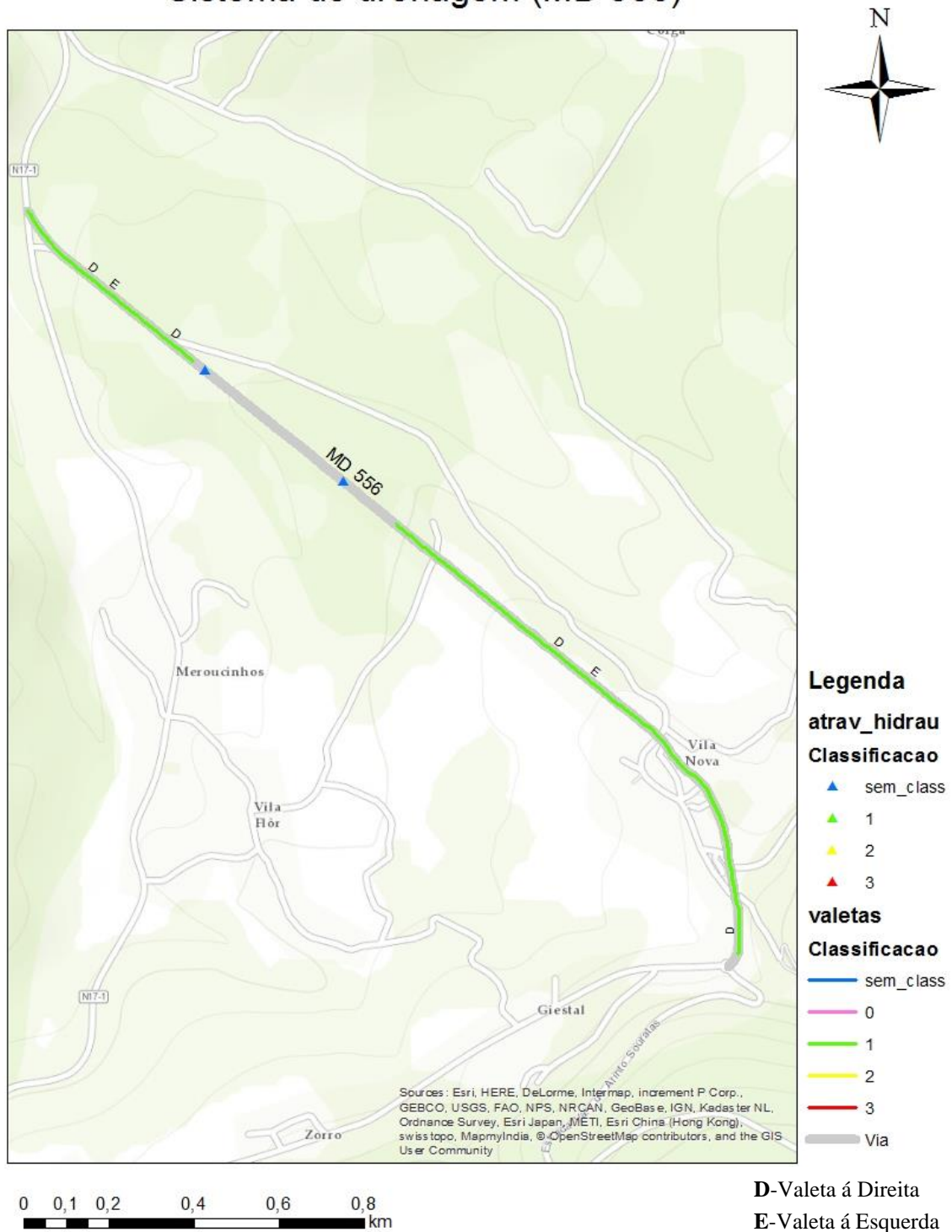


Figura 5.11 – Sistema de drenagem na via MD 556

5.4 Previsão da Qualidade dos Pavimentos

5.4.1 Método da AASHTO

A previsão da evolução do IQ ao longo do tempo é muito incerta por depender de diversos fatores tais como o aumento do tráfego de pesados, as condições climáticas, o estado atual do pavimento, etc. Por isso, utilizam-se modelos que permitem fazer uma previsão de como evoluirá o estado dos pavimentos num determinado intervalo de tempo para, assim, poder saber-se, com alguma certeza, a melhor altura para realizar ações de conservação ou reabilitação. Neste trabalho tomou-se como referência do nível mínimo de qualidade (NMQ) um valor de IQ igual a dois (pavimento em mau estado), ou seja, considera-se que as intervenções são obrigatoriamente acionadas quando o estado do pavimento atinge aquele valor de IQ.

O método da AASHTO foi aplicado nos troços com maior tráfego de pesados, uma vez que nesta metodologia a degradação ao longo do tempo é simulada com base na previsão da evolução do tráfego de pesados. Quando este é muito reduzido, o método da AASHTO não permite simular a degradação do pavimento ao longo do tempo. Como o município de Miranda do Corvo é essencialmente rural, alguns troços possuem pouco tráfego, pelo que nesses casos não se aplicou o método da AASHTO.

O método da AASHTO é um modelo determinístico no qual se utilizam as seguintes expressões:

$$\log_{10}(N_{80t}^{Dim}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN_t + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IQ_t}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_t + 1)^{5,19}}} + 2,32$$

$$\times \log_{10}(M_{Rt}) - 8,07 \quad (5.1)$$

$$SN_0 = \sum_{n=1}^N H_{nt} \times C_n^e \times C_n^d \quad (5.2)$$

$$COV_t = 0,39904 - 0,03871 \times IQ_t + 0,00709 \times IQ_t^2 - 0,00042 \times IQ_t^3 \quad (5.3)$$

$$V_{T+1} = C_{rehab} \times \frac{IQ_{T+1} - 2,5}{IQ_{rehab} - 2,5} \quad (5.4)$$

$$N_{80t}^{Dim} = 365 \times TMDA_p \times \frac{(1+tc)^{Y_t-1}}{tc} \times \alpha \quad (5.5)$$

$$SN_t = CF \times SN_0 \quad (5.6)$$

$$CF = 0,50 + 0,0155 \times RL - (2E - 4) \times RL^2 + (E - 6) \times RL^2 \quad (5.7)$$

$$RL = \frac{IQ_t - 1,0}{4,2 - 1,0} \times 100; (Se RL > 90\% \Rightarrow CF = 1) \quad (5.8)$$

Onde:

$N_{80_t}^{Dim}$ — é o número acumulado de eixos padrão de 80 kN, no ano t e na via mais solicitada, desde a construção ou da última reabilitação;

Z_R — é o desvio padrão da regressão, assume o valor de -1,645 para uma fiabilidade de 95%;

S_0 — é o erro padrão combinado relativo à previsão do tráfego e desempenho dos pavimentos, para pavimentos flexíveis assume valores entre 0,40 e 0,50 e de 0,35 e 0,40 para pavimentos rígidos;

SN_t — é o número estrutural do pavimento no ano t e é obtido através da equação (5.6);

ΔIQ_t — é a diferença entre o valor do IQ no ano da construção ou da última reabilitação e o IQ no ano t;

M_{R_t} — é o módulo de deformabilidade do solo de fundação no ano t (KPa);

H_{nt} — é a espessura da camada n no ano t (mm);

C_n^e — é o coeficiente estrutural da camada n;

C_n^d — é o coeficiente de drenagem da camada n;

COV_t — são os custos de operação dos veículos no ano t (€/km/veículo);

IQ_t — é o índice de qualidade do pavimento no ano t;

V_{T+1} — é o valor residual do pavimento no ano t+1;

C_{rehab} — é o custo da última ação de reabilitação aplicada ao pavimento (€);

IQ_{T+1} — é o valor do IQ do pavimento no ano t+1;

IQ_{rehab} — é o valor do IQ posterior à aplicação da última ação de reabilitação aplicada ao pavimento;

$TMDA_p$ — é o tráfego médio diário anual de veículos pesados, no ano de abertura, ou no ano seguinte à última reabilitação, por sentido e na via mais solicitada;

tc — é a taxa média de crescimento anual do tráfego pesado (t);

Y_t — é a idade do pavimento desde a construção ou da última reabilitação (anos);

CF — é o fator de estado;

RL — é a vida remanescente de um pavimento (%);

α — Coeficiente de agressividade, fator de equivalência de danos entre veículo pesado e eixo padrão.

A previsão do IQ dos troços foi feita através da equação (5.1) para um período de 10 anos. Depois de se ter determinado o IQ no ano zero com base no levantamento visual das patologias,

calculou-se o $N_{80_t}^{Dim}$ dos anos seguintes, num horizonte de 10 anos, considerando uma taxa de crescimento igual a zero. Optou-se por este cenário porque, por um lado, o concelho de Miranda do Corvo é predominantemente rural, pelo que a maioria das estradas tem pouco tráfego de pesados. Por outro lado, nas zonas urbanas consolidadas, como é a zona central da sede do município, o crescimento esperado do tráfego de pesados não tem significado.

Para a previsão do IQ num ano n , considerou-se o aumento do tráfego do ano zero até ao ano n , substitui-se na equação (5.1) o valor do tráfego relativo ao ano n e introduziram-se os parâmetros caracterizadores do pavimento (Quadro 5.3). A variação da variável IQ (ΔIQ_t), entre o ano zero e o ano n é a única incógnita da equação. Subtraindo ao IQ inicial o valor de ΔIQ_t , obtém-se o IQ no ano n . Este procedimento é aplicado sucessivamente até ao ano 10 (Santos, 2014).

Na Figura 5.12 ilustra-se um exemplo da evolução do IQ nos 10 anos após o levantamento inicial, utilizando a metodologia que se descreveu. O exemplo representado é o da via ER 17-1.

Os resultados das previsões da evolução do IQ ao longo do período de análise (10 anos), sem intervenções, através do método da AASHTO, são apresentados do Quadro I-2 até ao Quadro I-10, no Anexo I.

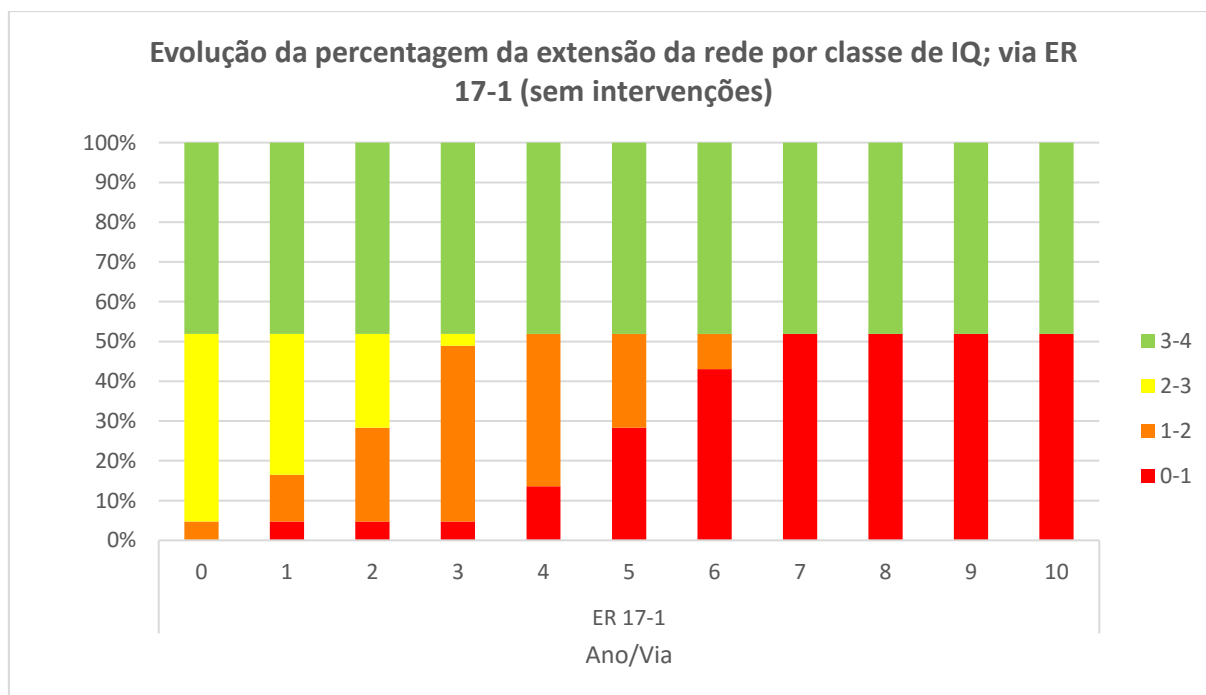


Figura 5.12 – Evolução do IQ ao longo do período de análise na via ER 17-1

5.4.2 Método das cadeias de Markov

Como se referiu, algumas das vias em análise, têm um tráfego de pesados muito reduzido, pelo que a aplicação do método da AASHTO não se afigurava adequada para estimar a degradação dos pavimentos ao longo do tempo. Assim, nas vias com $TMDA_p$ inferior a 10, efetuou-se a previsão da evolução futura do IQ através do método das cadeias de Markov. Este método é probabilístico e os estados anteriores dos pavimentos não são necessários para os prever os estados de conservação seguintes, desde que se conheça o estado atual.

A Figura 5.13 apresenta o resultado da aplicação do método das cadeias de Markov, na Rua Padre Américo, para a previsão do IQ para 10 anos, com base na observação feita (estado atual), sem intervenções. Para se chegar aos resultados apresentados na Figura 5.13, tem de se determinar o número de estado, o vetor de estado, a definição de ciclos de serviço e a matriz de probabilidade de transição (Santos, 2014).

O número de estado baseia-se na qualidade de cada trecho ao qual se vai atribuir uma classificação consoante o seu estado de degradação. No caso em estudo, atribuíram-se 5 intervalos qualitativos graduados por cores, como se mostrou na Figura 4.2.

O vetor de estado indica a probabilidade de evolução do IQ de cada trecho, em cada um dos estados, em cada ano previsto.

A matriz de probabilidade de transição utiliza-se para estimar o estado de degradação dos pavimentos ao longo do intervalo de tempo pretendido (10 anos), através da probabilidade de transição de um estado para o seguinte. Um segmento de pavimento é modelado no seu início de vida como estando em estado quase perfeito, degradando-se todos os anos por estar sujeito a diversos fatores de degradação. As probabilidades de transição são armazenadas numa matriz, na qual as linhas representam o estado presente e as colunas o estado futuro. Os elementos individuais da matriz são referidos usando a notação P_{ij} , onde i indica a fila e j a coluna do elemento de matriz. A matriz de probabilidades de transição (MPT) pode apresentar, em geral, a forma apresentada no Quadro 5.6 (matriz de 5 x 5) (Santos, 2014).

Quadro 5.6 - Matriz de Probabilidades de Transição Base [adaptado de (Rayya et al., 2014)]

		Para (j)					
		1	2	3	4	5	
De (i)	1	P_{11}	P_{12}	0	0	0	
	2	0	P_{22}	P_{23}	0	0	
	3	0	0	P_{33}	P_{34}	0	
	4	0	0	0	P_{44}	P_{45}	
	5	0	0	0	0	$P_{55} = P_m = 1$	

As probabilidades de transição, P_{ij} (P_{12} , P_{23} , P_{34} , P_{45}), indicam a probabilidade de uma parte da rede no estado de conservação i passar para o estado j num ciclo de serviço. As probabilidades de transição, P_{ii} (P_{11} , P_{22} , P_{33} e P_{44}), indicam a proporção de rede que fica no estado i em cada ciclo de serviço. As condições que se aplicam ao processo para simular a deterioração do pavimento são as seguintes (Santos, 2014):

- Todas as entradas devem ser não-negativas;
- Não é permitido que o estado de um segmento se deteriore mais de um estado num ciclo de serviço. Assim, P_{13} , P_{14} , P_{15} , P_{24} , P_{25} , P_{35} são zeros. Por isso, apenas dois valores necessitam de ser determinados na prática para definir toda a matriz, P_{ii} e P_{ij} ;
- A soma das entradas em cada linha deve ser igual a um ($P_{ij} = 1 - P_{ii}$) ou ($P_{ii} = 1 - P_{ij}$);
- $P_{ij} = 0$ para $i > j$, significando a convicção de que os pavimentos não podem melhorar o seu estado sem antes receber uma ação de conservação. Por isso, P_{21} , P_{31} , P_{32} , etc., são zeros;
- O valor de 1 na última linha da matriz, ou seja, $P_{nn} = 1$, significa um estado permanente. Isso implica que o pavimento atingiu o seu pior estado e não pode transitar desse estado, indicando um estado de reconstrução.

Nas cadeias estacionárias (homogêneas), a taxa de deterioração do pavimento considera-se constante ao longo do tempo. Nestes casos o processo de deterioração da rede pode ser modelada de acordo com as probabilidades de uma única matriz. Se a taxa de deterioração variar ao longo do tempo, o processo pode ser modelado usando diferentes matrizes para diferentes intervalos de tempo. Neste relatório o processo de deterioração é considerado estacionário. Não se dispõe de informação que permita antecipar diferentes ritmos de degradação para vias pouco trafegadas por pesados, pelo que se julga que a ação climática será a mais importante, podendo considerar-se relativamente homogênea no espaço do território do município estudado.

A matriz de probabilidade de transição pode ser estabelecida pelo método de contagem de proporções, considerando que as séries temporais de dados históricos (abrangendo todas as soluções possíveis na rede) podem servir de base ao estabelecimento do modo como uma rede de estradas de deteriora no tempo. Neste método, a probabilidade de transição da condição do pavimento do estado i para o estado j pode ser calculada segundo a expressão (5.6):

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (5.6)$$

Onde:

n_{ij} – Número (ou comprimento total) de troços em transição do estado i para o estado j , dentro de um determinado período de tempo, ou seja, num ciclo de serviço que pode ser de um ou dois anos;

n_i – Número total (ou comprimento total) de seções no estado i antes da transição.

No caso de estudo, partiu-se dos valores das proporções observadas para o ano zero, uma vez que não se dispunha de informação sobre séries temporais anteriores.

Exemplo (Rua Vialonga/Souravas):

De acordo com o que se indicou anteriormente, são considerados 5 estados de conservação, estabelecidos de forma qualitativa, correspondendo aos intervalos de IQ que se indicam a seguir: 0-1 Muito Mau; 1-2 Mau; 2-3 Medíocre; 3-4 Bom e 4-5 Muito Bom.

A via tem um comprimento total de 4460 metros, divididos da seguinte forma: 0 metros encontram-se em Muito Bom estado, 560 metros em Bom estado, 2600 metros em estado Medíocre, 1300 metros em Mau estado e 0 metros em Muito Mau estado. Assim, utilizando a expressão (5.6), a determinação do vetor inicial faz-se da seguinte forma:

Para o estado Muito Bom:

$$\frac{0}{4460} = 0,00$$

Para o estado Bom:

$$\frac{560}{4460} = 0,13$$

Para o estado Medíocre:

$$\frac{2600}{4460} = 0,58$$

Para o estado Mau:

$$\frac{1300}{4460} = 0,29$$

Para o estado Muito Mau:

$$\frac{0}{4460} = 0,00$$

Obtendo-se o seguinte vetor inicial:

$$X(2015) = [0,00; 0,13; 0,58; 0,29; 0,00]$$

Para a matriz de probabilidade de transição (MPT) adota-se, por exemplo, a matriz usada num caso de estudo para a cidade de Coimbra (Santos, 2014), sendo a apresentada no Quadro 5.7:

Quadro 5.7 - Matriz de probabilidade de transição usada no exemplo de aplicação (Santos, 2014)

	Muito Bom	Bom	Medíocre	Mau	Muito Mau
Muito Bom	0,96	0,04	0	0	0
Bom	0	0,90	0,10	0	0
Medíocre	0	0	0,86	0,14	0
Mau	0	0	0	0,66	0,34
Muito Mau	0	0	0	0	1

Através da multiplicação do vetor inicial pela matriz de probabilidade de transição constrói-se o processo de degradação do pavimento. O vetor estado no estágio 1 é obtido multiplicando o vetor de estado inicial pela MPT. O vetor estado no estágio 2 é determinado pela multiplicação do vetor de estado do estágio 1 pela MPT, e assim por diante (Santos, 2014). Genericamente, o processo pode descrever-se da seguinte forma:

- A distribuição de probabilidade dos estados no processo de degradação num determinado momento é dada, por exemplo, para $t = 1$, por: $X(1) = X(0) \times MPT^1$;
- A distribuição de probabilidade dos estados no processo de degradação para $t = 2$ é calculado por: $X(2) = X(1) \times MPT = X(0) \times MPT^2$;
- A distribuição de probabilidade dos estados no processo de degradação para o momento t pode ser, portanto, calculada por: $X(t) = X(t - 1) \times MPT = X(0) \times MPT^t$;

onde:

$X(0)$ = distribuição de estado no instante 0, isto é, no ponto de partida ou vetor inicial;

MPT^t = MPT elevada à potencia de t , sendo t o tempo decorrido em anos.

Usando o vetor inicial, correspondente ao ano de 2015 e a MPT do Quadro 5.7, os modelos de Markov foram desenvolvidos para a rede do exemplo ao longo de um período de 10 anos após o levantamento, ou seja, 10 estádios, com 1 ano de ciclo de serviço, como é mostrado no Quadro 5.8. Uma representação gráfica dos modelos de Markov de cada estado de conservação é mostrado na Figura 5.13. O estado previsto da rede em qualquer ano pode ser obtido pela leitura das proporções esperadas de comprimento da rede em cada um dos cinco estados de conservação.

Quadro 5.8 – Aplicação de cadeias de Markov à Rua Vialonga/Souravas, utilizando um vetor inicial para o ano de 2015

Vetor inicial =			0,00	0,06	0,47	0,47	0,00
MPT	De/Para		MB	B	Med	M	MM
	MB	0,96	0,04	0	0	0	0
	B	0	0,90	0,10	0	0	0
	Med	0	0	0,86	0,14	0	0
	M	0	0	0	0,66	0,34	0
	MM	0	0	0	0	0	1
Vetores dos diferentes estados							
Ano	Tempo	Estádio	MB	B	Med	M	MM
2015	0	0	0,00	0,13	0,58	0,29	0,00
2016	1	1	0,00	0,12	0,51	0,27	0,10
2017	2	2	0,00	0,11	0,45	0,25	0,19
2018	3	3	0,00	0,09	0,40	0,23	0,28
2019	4	4	0,00	0,08	0,35	0,21	0,36
2020	5	5	0,00	0,07	0,31	0,19	0,43
2021	6	6	0,00	0,07	0,28	0,17	0,49
2022	7	7	0,00	0,06	0,24	0,15	0,55
2023	8	8	0,00	0,05	0,22	0,13	0,60
2024	9	9	0,00	0,05	0,19	0,12	0,64
2025	10	10	0,00	0,04	0,17	0,10	0,68

Os parâmetros do vetor em 2016 (Estádio 1) = $X(1) = [0,00; 0,12; 0,51; 0,27; 0,10]$ são determinados da seguinte forma:

1. Proporção da rede em MB estado em 2016 =
 $0,00 \times 0,96 + 0,13 \times 0,00 + 0,58 \times 0,00 + 0,29 \times 0,00 + 0,00 \times 0,00 = 0,00$
2. Proporção da rede em B estado em 2016 =
 $0,00 \times 0,04 + 0,13 \times 0,90 + 0,58 \times 0,00 + 0,29 \times 0,00 + 0,00 \times 0,00 = 0,12$
3. Proporção da rede em Med estado em 2016 =

$$0,00 \times 0,00 + 0,13 \times 0,10 + 0,58 \times 0,86 + 0,29 \times 0,00 + 0,00 \times 0,00 = 0,51$$

4. Proporção da rede em M estado em 2016 =

$$0,00 \times 0,00 + 0,13 \times 0,00 + 0,58 \times 0,14 + 0,29 \times 0,66 + 0,00 \times 0,00 = 0,27$$

5. Proporção de rede em MM estado em 2016 =

$$0,00 \times 0,00 + 0,13 \times 0,00 + 0,58 \times 0,00 + 0,29 \times 0,34 + 0,00 \times 1,00 = 0,10$$

Os parâmetros do vetor em 2017 (Estádio 2) = $X(2) = [0,00; 0,11; 0,45; 0,25; 0,19]$ são determinados da seguinte forma:

1. Proporção da rede em MB estado em 2017 =

$$0,00 \times 0,96 + 0,12 \times 0,00 + 0,51 \times 0,00 + 0,27 \times 0,00 + 0,10 \times 0,00 = 0,00$$

2. Proporção da rede em B estado em 2017 =

$$0,00 \times 0,04 + 0,12 \times 0,90 + 0,51 \times 0,00 + 0,27 \times 0,00 + 0,10 \times 0,00 = 0,11$$

3. Proporção da rede em Med estado em 2017 =

$$0,00 \times 0,00 + 0,12 \times 0,10 + 0,51 \times 0,86 + 0,27 \times 0,00 + 0,10 \times 0,00 = 0,45$$

4. Proporção da rede em M estado em 2017 =

$$0,00 \times 0,00 + 0,12 \times 0,00 + 0,51 \times 0,14 + 0,27 \times 0,66 + 0,10 \times 0,00 = 0,25$$

5. Proporção da rede em MM estado em 2017 =

$$0,00 \times 0,00 + 0,12 \times 0,00 + 0,51 \times 0,00 + 0,27 \times 0,34 + 0,10 \times 1,00 = 0,19$$

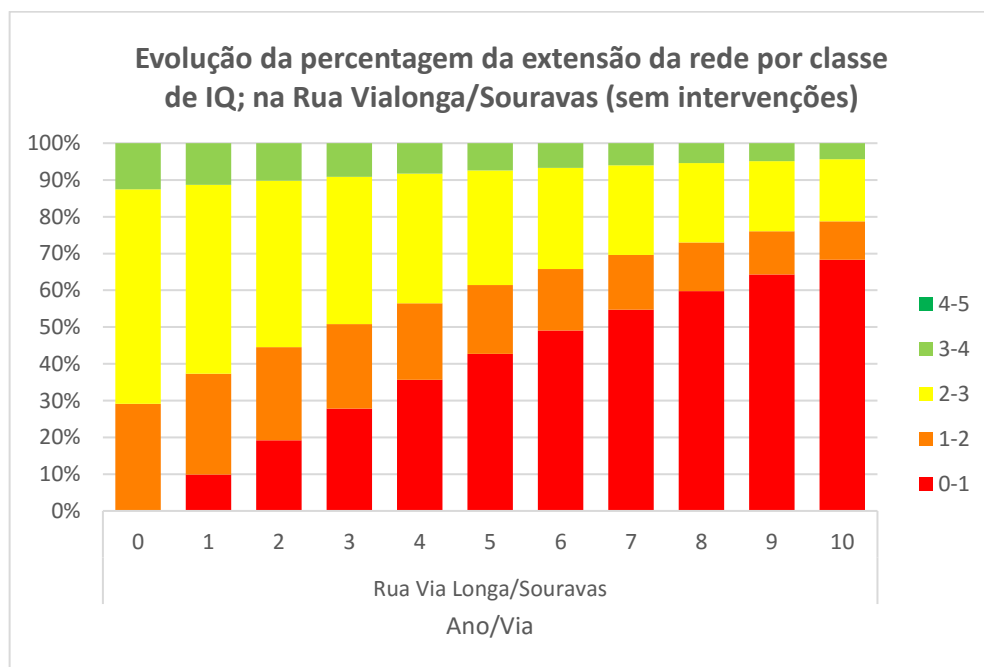


Figura 5.13 - Resultado da aplicação do modelo de Markov na Rua Vialonga/Souravas, usando o vetor de estado inicial do ano de 2015 e a MPT

Para poder prever, para qualquer segmento de via, as probabilidades de estarem em qualquer das cinco classes de estados de conservação após a realização de uma ação de conservação, usa-se a mesma MPT, mas altera-se o vetor inicial para a situação representativa daquele estado. Numa situação ideal, considera-se o estado de Muito Bom = [1,00; 0,00; 0,00; 0,00; 0,00]. No caso em análise apresenta-se o vetor inicial como $X(0) = [0,00; 0,13; 0,58; 0,29; 0,00]$.

Os resultados são apresentados no Quadro 5.9 para a Rua Vialonga/Souravas. Na Figura 5.14 é apresentada a previsão do estado do pavimento para a mesma via.

Os modelos de Markov podem ser apresentados em termos do valor médio ponderado do estado de conservação (WAC) em qualquer ano, ou seja, os valores médios dos intervalos de IQ ponderados pelas probabilidades da MTP para determinado ano. Assim, os valores médios para os 5 estados de conservação considerados são os seguintes:

MB = 4,5 (média entre 4 e 5); B = 3,5 (média entre 3 e 4); Med = 2,5 (média entre 2 e 3); M = 1,5 (média entre 1 e 2); MM = 0,5 (média entre 0 e 1). Os valores de WAC são os apresentados no Quadro 5.9 e são determinados tendo em conta o vetor de estado inicial e a MPT.

Quadro 5.9 - Modelo de Markov utilizando o vetor de estado inicial, a MPT e a média do IQ que caracteriza o estado de conservação (WAC), na Rua Vialonga/Souravas

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Tempo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estádio	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MB (5-4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B (4-3)	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
Med (3-2)	0,58	0,51	0,45	0,40	0,35	0,31	0,28	0,24	0,22	0,19	0,17
M (2-1)	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10
MM (1-0)	0,00	0,10	0,19	0,28	0,36	0,43	0,49	0,55	0,60	0,64	0,68
WAC	2,33	2,14	1,96	1,80	1,66	1,53	1,42	1,32	1,23	1,15	1,07
L. Sup	2,83	2,64	2,46	2,30	2,16	2,03	1,92	1,82	1,73	1,65	1,57
L. Inf	1,83	1,64	1,46	1,30	1,16	1,03	0,92	0,82	0,73	0,65	0,57

Como exemplo, mostra-se o modo como se determinou o valor em 2016:

$$WAC = 0 \times 4,5 + 0,11 \times 3,5 + 0,51 \times 2,5 + 0,27 \times 1,5 + 0,10 \times 0,5 = 2,14$$

Em vez dos valores médios de IQ podem considerar-se os mínimos (L.Inf) ou os máximos (L.Sup) dos intervalos, o que permite analisar cenários de evolução do IQ mais pessimistas e mais otimistas, respetivamente (Figura 5.14).

Os resultados das restantes vias analisadas pelo método das cadeias de Markov, para o período de análise (10 anos), sem intervenções, são apresentados nos Quadros I-11 a I-25 do Anexo I.

Ao observar as Figuras 5.13 e 5.14, constata-se uma acentuada degradação ao longo do período de análise. Esta situação deve-se ao facto de no ano 0 o pavimento apresentar um estado medíocre.

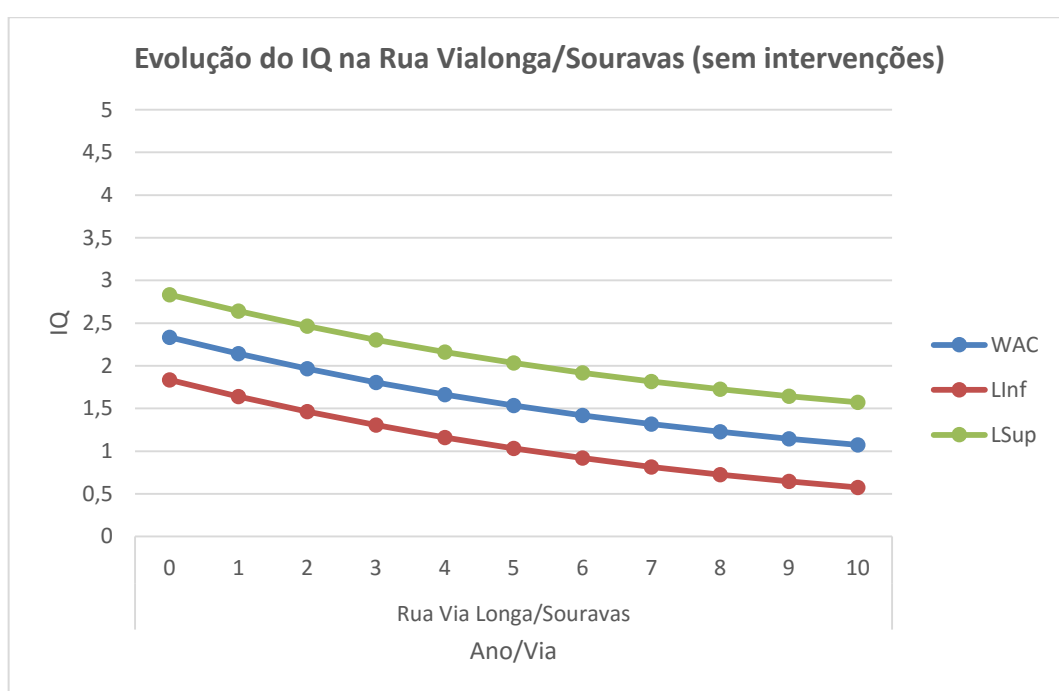


Figura 5.14 – Evolução do IQ na Rua Vialonga/Souravas

5.4.3 Previsão da qualidade no período de 10 anos

Nesta secção vai analisar-se a evolução do IQ nas vias da rede durante um período de 10 anos, considerando que não há intervenções. A apresentação da rede que se faz agrega nos mesmos mapas as vias independentemente do método de previsão utilizado (Markov ou AASHTO). Porém, a representação da evolução do IQ previsível num mapa quando se aplica o método das cadeias de Markov apenas permite apresentar a informação por via. Nos casos de aplicação do método da AASHTO a representação pode ser efetuado por via ou discretizada ao trecho de levantamento.

Na Figura 5.15 representa-se a previsão do IQ das vias da rede estudada para os 2 anos após o levantamento (ano de 2017). A Figura 5.16 mostra a previsão para os 6 anos seguintes ao levantamento (ano de 2021).

IQ trechos (ano 2) 2

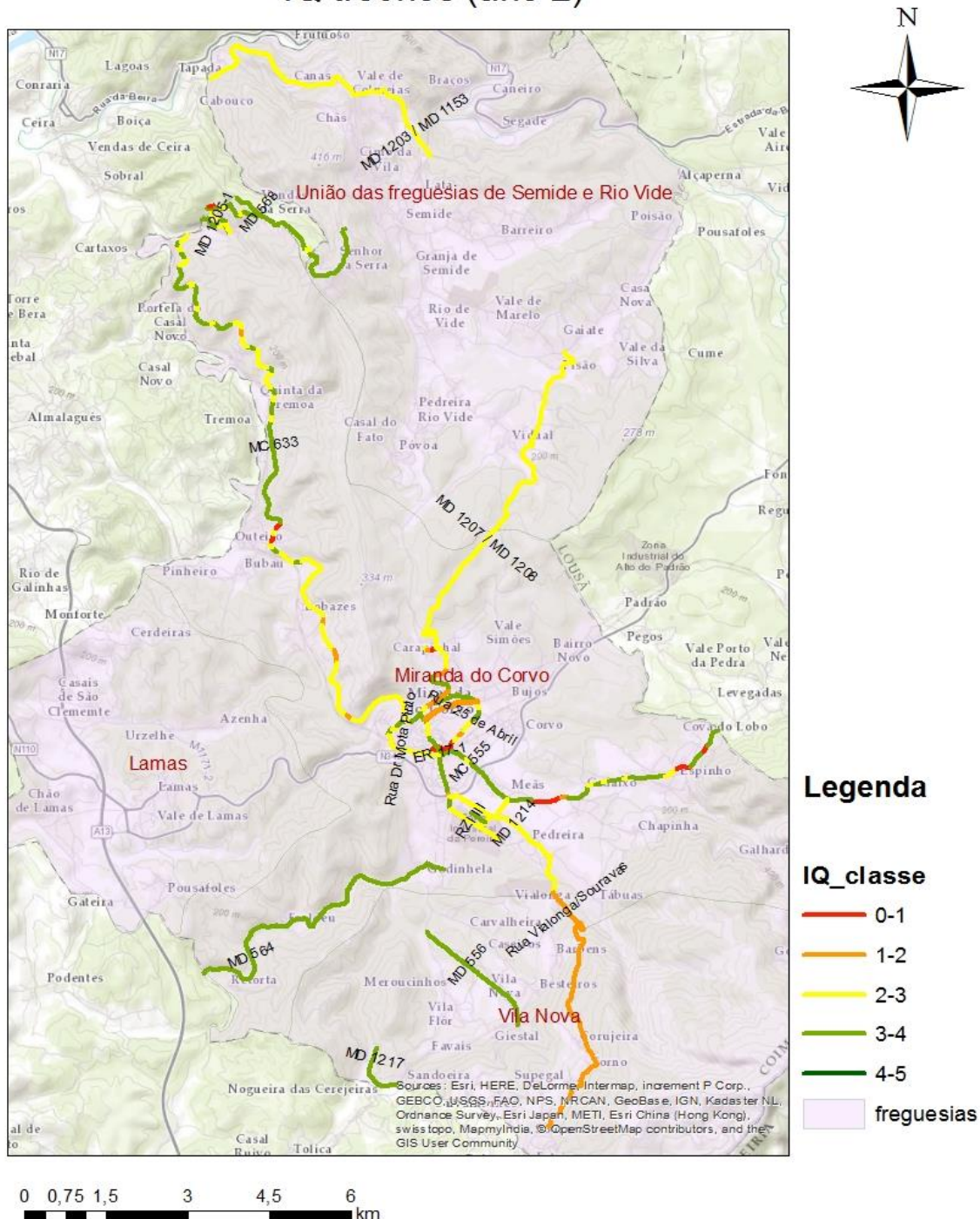


Figura 5.15 – Previsão do IQ dos trechos/vias em estudo, sem intervenções (ano 2: 2017)

Analisando as Figuras 5.15 e 5.16 constata-se que quanto mais baixo for o IQ no ano de levantamento mais acentuada será a degradação dos pavimentos. Como pode observar-se, as zonas a vermelho no ano 6 aumentaram significativamente nas zonas onde o IQ já era baixo no ano 2.

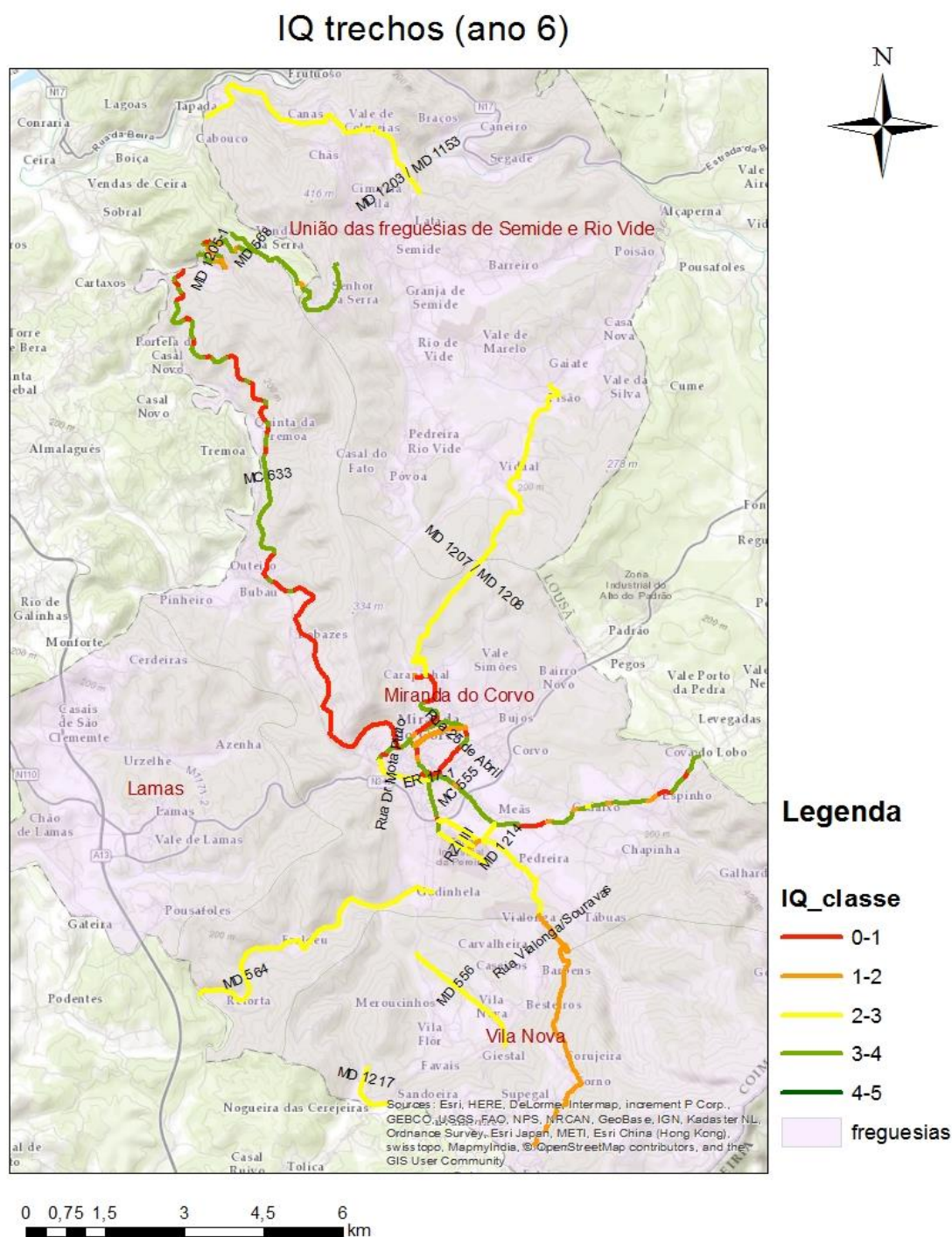


Figura 5.16 – Previsão do IQ dos trechos/vias em estudo sem intervenções (ano 6: 2021)

As Figuras 5.17 e 5.18 representam a evolução previsível do IQ, respectivamente, num período de 2 e de 6 anos, por trechos de 100m, da via ER 17-1, pelo método da AASHTO, caso não se apliquem intervenções.

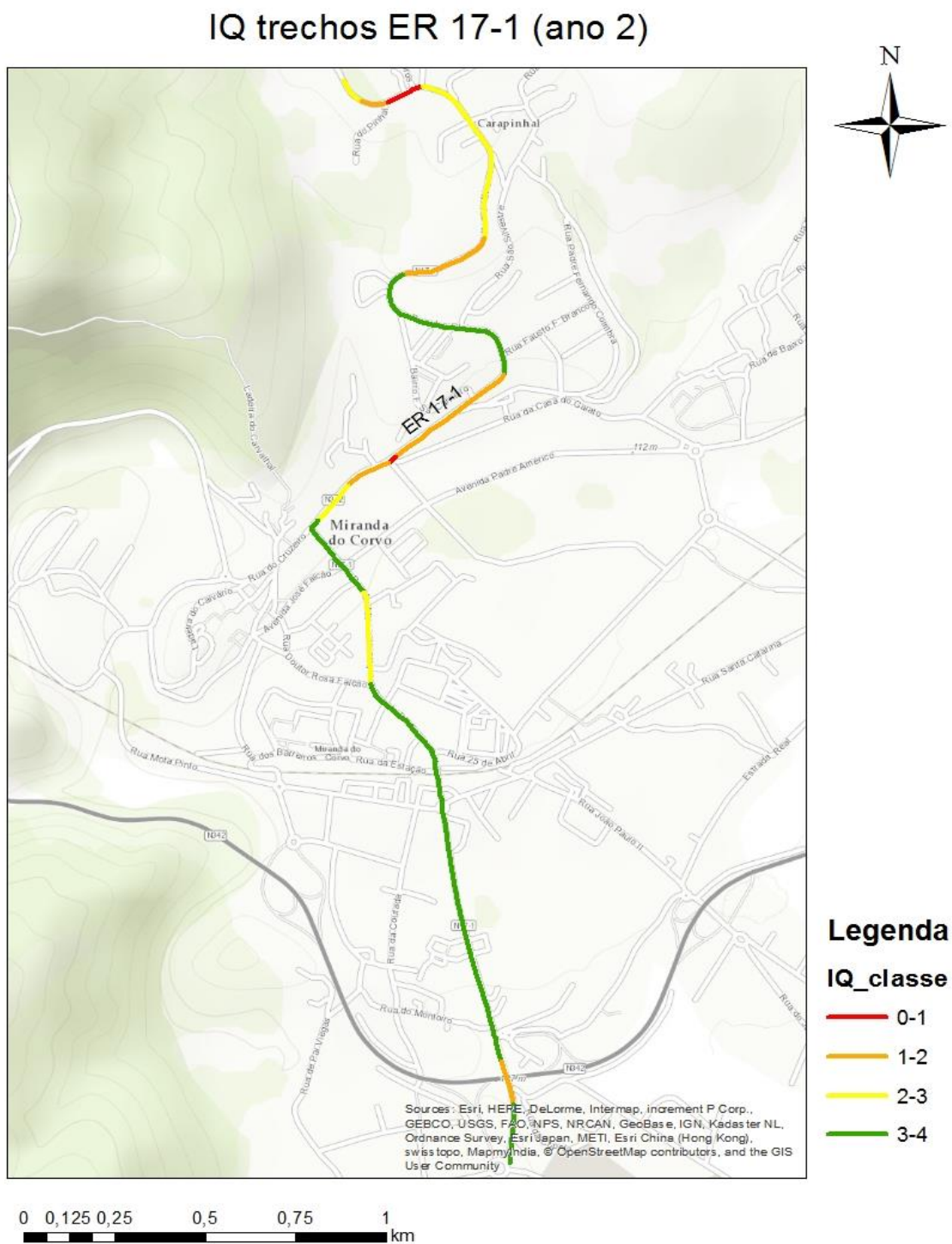


Figura 5.17 – Previsão do IQ dos trechos da via ER 17-1 sem intervenções (ano 2: 2017)

IQ trechos ER 17-1 (ano 6)

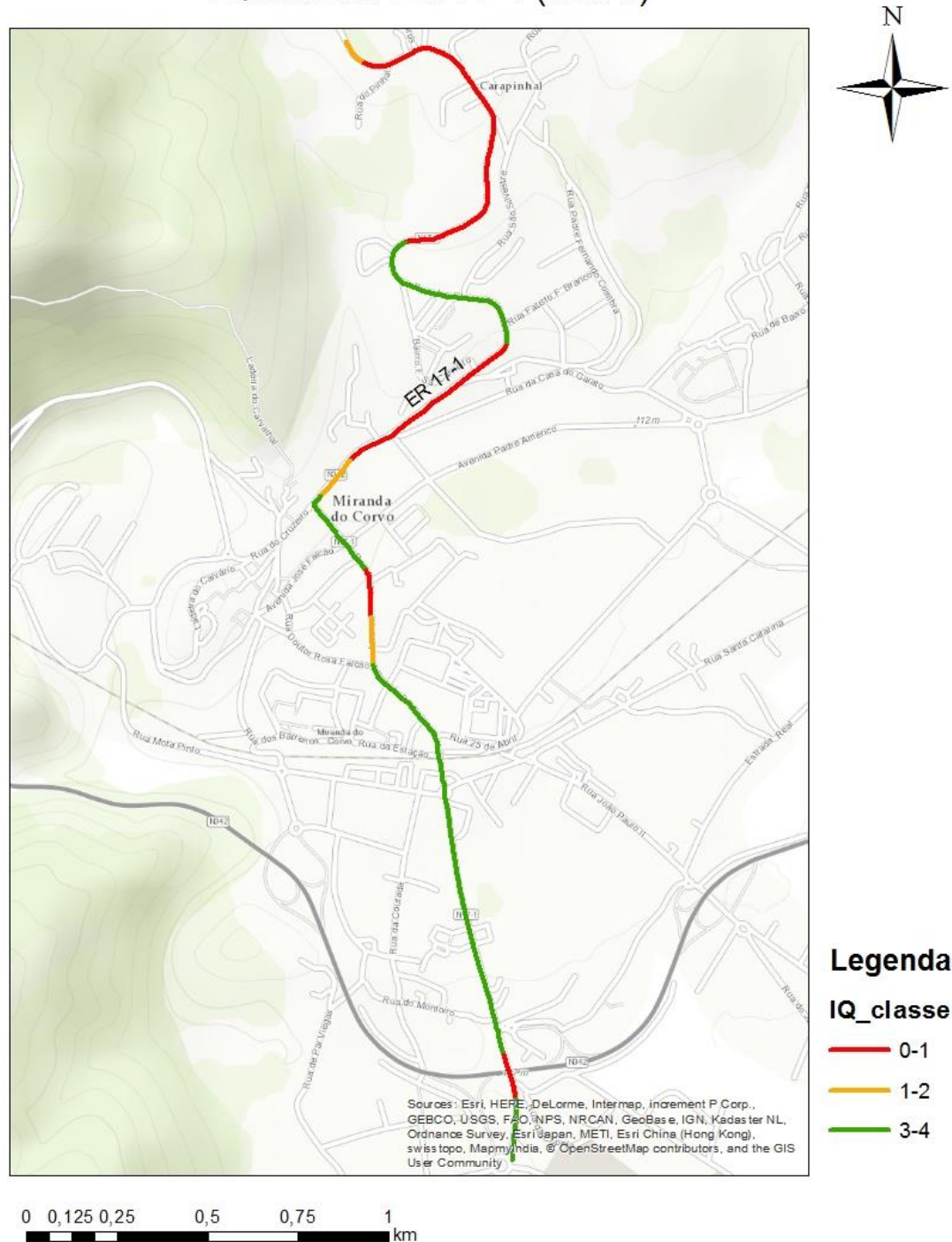


Figura 5.18 – Previsão do IQ dos trechos da via ER 17-1, sem intervenções (ano 6: 2021)

Ao analisar as Figuras 5.17 e 5.18 pode concluir-se que no ano 2 as zonas onde o IQ estava na classe de IQ (2-3) ou inferior, passaram todas para o nível de qualidade mais baixo, enquanto aquelas que estavam na classe de IQ (3-4) se mantiveram nessa classe. Tal como se verificou

anteriormente, a degradação dos pavimentos é mais acelerada nas situações em que a classe de IQ é mais baixa.

As Figuras 5.19 e 5.20 representam, respectivamente, a previsão da distribuição das extensões da rede em cada classe de IQ e a previsão da evolução das percentagens da extensão da rede em cada classe de IQ, ao longo do período de análise (10 anos).

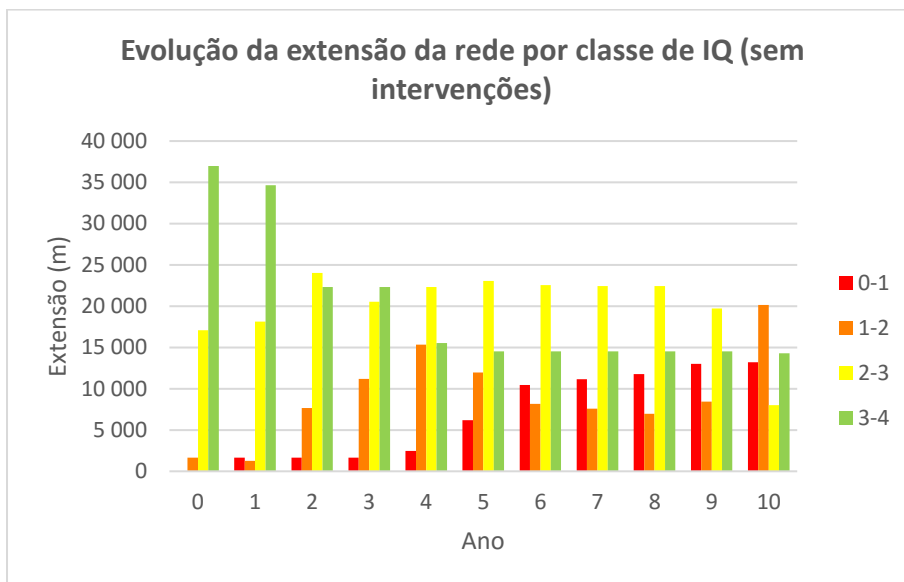


Figura 5.19 – Previsão da evolução da extensão da rede em cada uma das classes de IQ (valores obtidos a partir da agregação por via)

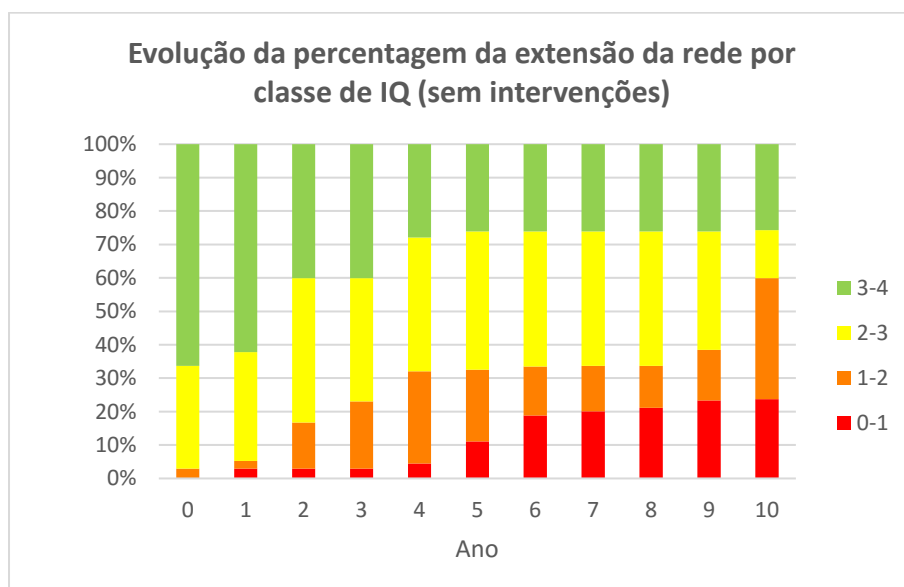


Figura 5.20 – Previsão da evolução da percentagem da rede em cada uma das classes de IQ (valores obtidos a partir da agregação por via)

Como se pode observar no gráfico da Figura 5.20, é previsível uma degradação significativa do nível de IQ no período de análise. No ano de observação (ano 0), a maior parte da rede (66%) encontra-se no intervalo de IQ de 3 a 4, considerado Bom, 31% encontra-se no intervalo de IQ de 2 a 3, considerado medíocre, e apenas 3% se encontra no intervalo de IQ de 1 a 2, considerado Mau. De referir que na classe de IQ de 4 a 5 e de 0 a 1 a percentagem é zero. Como seria espectável, no fim do período de análise (10 anos), caso não se efetue qualquer tipo de intervenção, o estado da rede irá degradar-se bastante, cerca de 26 % da rede estará em Bom estado, 14% no estado medíocre, 36% em Mau estado e 24% em Muito Mau estado.

O Quadro 5.10 apresenta os resultados, apresentados anteriormente na forma gráfica, agregados ao município.

Quadro 5.10 – Evolução da percentagem e extensão da rede, por classe de IQ no município

Ano	Classe de IQ/Extensão (m)				Classe de IQ/Percentagem (%)				Total (m)
	0-1	1-2	2-3	3-4	0-1	1-2	2-3	3-4	
0	0	1 650	17 090	36 960	0	2,96	30,68	66,36	55 700
1	1 650	1 280	18 120	34 650	2,96	2,30	32,53	62,21	55 700
2	1 650	7 680	24 030	22 340	2,96	13,79	43,14	40,11	55 700
3	1 650	11 180	20 530	22 340	2,96	20,07	36,86	40,11	55 700
4	2 480	15 360	22 320	15 540	4,45	27,58	40,07	27,90	55 700
5	6 180	11 960	23 050	14 510	11,10	21,47	41,38	26,05	55 700
6	10 470	8 170	22 550	14 510	18,80	14,67	40,48	26,05	55 700
7	11 170	7 570	22 450	14 510	20,05	13,59	40,31	26,05	55 700
8	11 770	6 970	22 450	14 510	21,13	12,51	40,31	26,05	55 700
9	13 020	8 430	19 740	14 510	23,38	15,13	35,44	26,05	55 700
10	13 220	20 140	8 030	14 310	23,73	36,16	14,42	25,69	55 700

As Figuras 5.21 e 5.22 representam as vias analisadas na freguesia de Miranda do Corvo ao longo do período de análise (10 anos), apresentando a evolução da extensão e percentagem da rede, respetivamente.

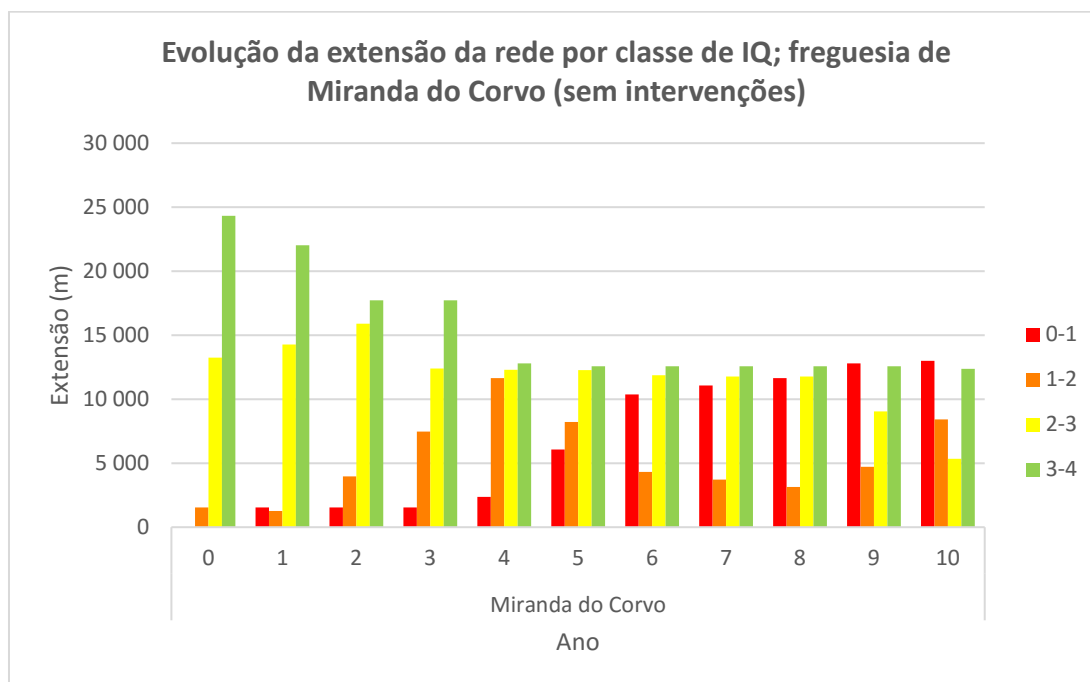


Figura 5.21 – Evolução da extensão da rede por classe de IQ das vias da freguesia de Miranda do Corvo

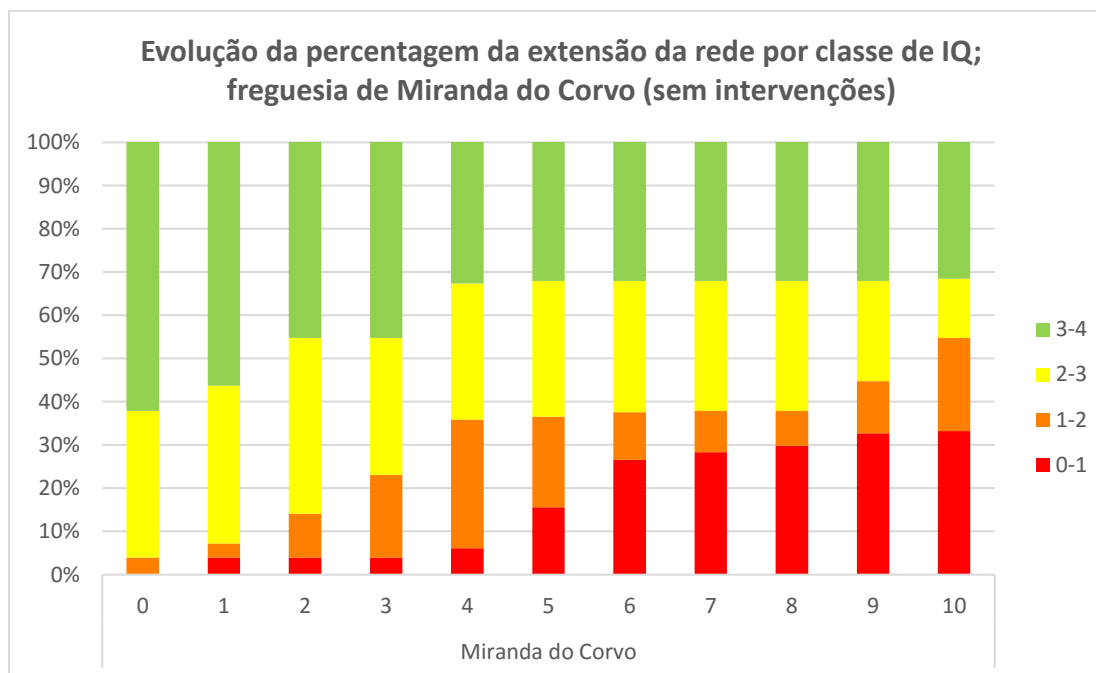


Figura 5.22 – Evolução da percentagem da extensão da rede por classe de IQ das vias da freguesia de Miranda do Corvo

As Figuras 5.21 e 5.22 mostram que a evolução da degradação para as vias analisadas na freguesia de Miranda do Corvo vai ser significativa, caso não se efetuem intervenções, ficando mais de 55% da rede com um IQ inferior a 2, ao fim dos 10 anos.

5.5 Avaliação simplificada de estratégias

5.5.1 Método da AASHTO

Dos 55,7 km analisados, consideraram-se 26,88 km para análise pelo método da AASHTO, referentes a itinerários com mais de 10 veículos pesados por dia, na via mais solicitada.

Consideraram-se dois cenários de níveis mínimos para o IQ (NMQ), um com um IQ de 2 e outro com um IQ de 2,5. Além disso, avaliaram-se diferentes estratégias de conservação para um período de 10 anos, tendo em conta 5 tipos diferentes de intervenções, aos quais correspondem os custos apresentados no Quadro 5.11.

Quadro 5.11 – Níveis de intervenção e custos associados [adaptado de (Picado-Santos, 2013)]

Número	Descrição	Custo (€/m ²)
1	Não fazer nada	0
2	Recuperação das características superficiais	5,18
3	Reabilitação leve	12,25
4	Reabilitação média	18,79
5	Reabilitação forte	21,29

A intervenção do tipo 1 corresponde a não efetuar qualquer ação de conservação (i.e., não fazer nada). As outras intervenções referem-se a ações de conservação que podem ser leves ou mais profundas, aumentando os custos das ações à medida que as intervenções têm maior impacto na recuperação das características dos pavimentos. Os valores do Quadro 5.11 correspondem, não só aos custos diretamente associados aos trabalhos referidos no Quadro 5.12, mas também a outros custos geralmente envolvidos nas ações de conservação como, por exemplo, a reposição de marcas rodoviárias. No Quadro 5.12 resumem-se as componentes dos custos associadas a cada uma das ações de conservação consideradas no estudo.

Quadro 5.12 – Estrutura das intervenções e custos associados [adaptado de (Picado-Santos, 2013)]

Número	Descrição	Custo (€/m ²)
1	Não fazer nada	0,00
2	Rega de colagem	0,17
	Reperfilamento na espessura média de 1cm	0,92
	Rega de colagem	0,17
	Camada de desgaste não estrutural	0,70
3	Rega de colagem	0,17
	Reperfilamento na espessura média de 2cm	1,84
	Rega de colagem	0,17
	Camada antipropagação de fendilhamento	0,70
	Rega de colagem	0,17
	Camada de desgaste em 5cm de betão betuminoso	4,46
4	Rega de colagem	0,17
	Reperfilamento na espessura média de 2cm	1,84
	Rega de colagem	0,17
	Camada antipropagação de fendilhamento	0,70
	Rega de colagem	0,17
	Camada de regularização em mistura betuminosa densa com 5cm	3,30
	Rega de colagem	0,17
	Camada de desgaste em 5cm de betão betuminoso	4,46
5	Rega de colagem	0,17
	Reperfilamento na espessura média de 2cm	1,84
	Rega de colagem	0,17
	Camada antipropagação de fendilhamento	0,70
	Rega de colagem	0,17

Quadro 5.12 – Estrutura das intervenções e custos associados [adaptado de (Picado Santos, 2013)] (Cont.)

Número	Descrição	Custo (€/m ²)
5	Camada de base em macadame betuminoso com 10 cm	8,92
	Rega de colagem	0,17
	Camada de desgaste em 5cm de betão betuminoso	4,46

A execução de uma ação de reabilitação num pavimento faz aumentar o seu número estrutural (SN), sendo a variação função da espessura do tipo de material aplicado na do pavimento. Neste trabalho, apesar de se verificar que alguns órgãos de drenagem superficial carecem de manutenção, assumiu-se que, genericamente, os sistemas de drenagem dos pavimentos funcionavam bem, assim os coeficientes de drenagem (CN) assumem o valor de 1. O Quadro 5.13 refere-se aos valores dos coeficientes estruturais, por centímetro de espessura, das camadas betuminosas existentes ou acrescentadas através de ações de conservação (Meneses, 2006).

Quadro 5.13 – Coeficientes estruturais [adaptado de (Santos, 2014)]

Material	Descrição	C _n ^e /cm
BD	Camada de desgaste em betão betuminoso	0,17323
MB	Base betuminosa	0,13386
Semipenetração	Base granular com betuminoso	0,09449
BG	Base granular	0,05512
SbG	Sub-base granular	0,04331

O valor respeitante à semipenetração, técnica em desuso e muito pouco utilizada mas que integra muitos dos pavimentos analisados neste trabalho, foi calculado de forma aproximada, considerando que uma camada deste tipo terá um valor intermédio entre o de uma camada granular (BG) e o de uma camada de base betuminosa (MB) (Santos, 2014).

Caso não se realizem ações de conservação, um pavimento vai-se degradando, baixando o seu IQ ao longo do tempo. Quando o número estrutural (SN) aumenta, o mesmo tende a acontecer com o IQ ao longo do tempo. No Quadro 5.14 referem-se as variações do SN consoante o nível de intervenção.

O valor utilizado para o erro padrão combinado relativo à previsão do tráfego e desempenho dos pavimentos (S₀) foi de 0,40 (pavimentos flex)

Quadro 5.14 – Variação do SN (ΔSN) com as respectivas intervenções [adaptado de (Meneses, 2006)]

Número	Descrição	ΔSN
1	Não fazer nada	0
2	Recuperação das características superficiais	0,17323
3	Reabilitação leve	1,21261
4	Reabilitação média	2,07876
5	Reabilitação forte	2,55121

Para explicar os cálculos efetuados vai utilizar-se como exemplo a via ER 17-1, tendo como base os valores do IQ atuais (2015) apresentados no Quadro 5.2. Esta via apresenta um $(TMDA_p) = 50$ e uma estrutura de pavimento indicada na Figura 3.6 (10 cm de camada de desgaste, 18 cm de camada de regularização e 12cm de camada de sub-base granular). O módulo de deformabilidade (M_r) foi estimado tendo como base a classe de IQ, como se pode ver no Quadro 5.15. Não sendo possível obter valores de CBR medidos nos pavimentos, considerou-se que os pavimentos mais degradados apresentam uma fundação com menor rigidez, acontecendo o oposto com os pavimentos com um IQ superior.

Quadro 5.15 – Valores de M_r em relação ao IQ

Classe de IQ	M_r (MPa)
0-1	30
1-2	
2-3	70
3-4	90
4-5	100

O Quadro 5.16 estabelece os tipos de intervenções considerados adequados para corrigir cada um dos tipos de patologias observados.

Quadro 5.16 – Intervenções consideradas adequadas para a reparação dos diferentes tipos de patologias

Tipo de Patologia	Tipo de Intervenção
Rodeiras	5
Covas	4; 5
Peladas	3; 4; 5
Reparações	2; 3; 4; 5
Fendilhamento	2; 3; 4; 5

A aplicação de uma intervenção do tipo 2, por exemplo, considera-se adequada para eliminar o fendilhamento e reparações identificadas na fase da observação. O mesmo tipo de intervenção não foi considerado adequado para corrigir rodeiras, covas e peladas.

A aplicação de uma intervenção do tipo 3, no âmbito da metodologia seguida, tem como efeito a eliminação do fendilhamento, reparações e peladas, mantendo-se as rodeiras e as covas.

A aplicação de uma intervenção do tipo 4 tem como efeito a eliminação de quase todo o tipo de patologias consideradas, exceto as rodeiras que apenas são eliminadas com intervenções do tipo 5.

5.5.2 Método das Cadeias de Markov

Dos 55,7 km analisados, consideraram-se 28,82 km para análise pelo método das Cadeias de Markov, por não terem tráfego de pesados, por ser proibida a sua circulação, ou por apresentarem um valor muito reduzido.

Além disso, para a previsão futura dos níveis de qualidade utilizando o método das cadeias de Markov, estabeleceu-se um conjunto de intervenções estabelecido de acordo com o Quadro 5.17.

Quadro 5.17 – Designação das intervenções e o correspondente acréscimo de IQ esperado

Intervenção Markov	Classe de IQ
Tipo Med	De Mau para Medíocre
Tipo B	De Mau para Bom De Medíocre para Bom

Quadro 5.17 – Designação das intervenções e o correspondente acréscimo de IQ esperado
(Cont.)

Intervenção Markov	Classe de IQ
Tipo MB	De Mau para Muito Bom De Medíocre para Muito Bom De Bom para Muito Bom De Muito Mau para Muito Bom (reconstrução total)

Uma intervenção do tipo Med corresponde a intervir numa dada via de forma a que todos os seus trechos passem a ter um IQ na classe Medíocre. A interpretação das intervenções dos tipos B e MB devem ser interpretados de forma análoga.

5.5.3 Avaliação da qualidade no período de 10 anos após intervenções

As Figuras 5.23 e 5.24 apresentam os resultados, respetivamente, para os anos 2 e 6 respetivamente, de modo a obter um NMQ de 2. Este cenário foi obtido pela aplicação de intervenções do tipo 2 nas vias com mais de 10 pesados na via mais solicitada (método AASHTO) e do tipo Med (método das cadeiras de Markov) nas vias em que aquele critério não se verifica.

Nos Quadros I-26 a I-34 do Apêndice I, estão representados para um NMQ de 2 os resultados por via pelo método da AASHTO, com intervenções do tipo 2. Para o método das cadeias de Markov os resultados são os indicados nos Quadros I-35 a I-49 do mesmo anexo, considerando intervenções do tipo B. Nos Quadros I-50 e I-51 estão representados os resultados para um NMQ de 2,5 para intervenções dos tipo MB e 5, respetivamente.

A Figura 5.25 apresenta a previsão da evolução da extensão, em metros, por classe de IQ das vias analisadas, consideradas de forma agregada. A Figura 5.26 apresenta a mesma informação em percentagem da extensão da rede.

Ao observar as Figuras 5.23 e 5.24, conclui-se que ao intervir ao longo do tempo a qualidade do pavimento irá melhorar significativamente, aplicando as intervenções menos dispendiosas (tipo 2 e tipo Med), como a reabilitação feita por estas intervenções é ligeira, caso a via esteja muito degradada e para manter um certo NMQ, poderá ter de se intervir todos os anos, o que poderá tornar uma destas intervenções economicamente inviável, como se irá mostrar mais á frente.

IQ vias (ano 2) com intervenções

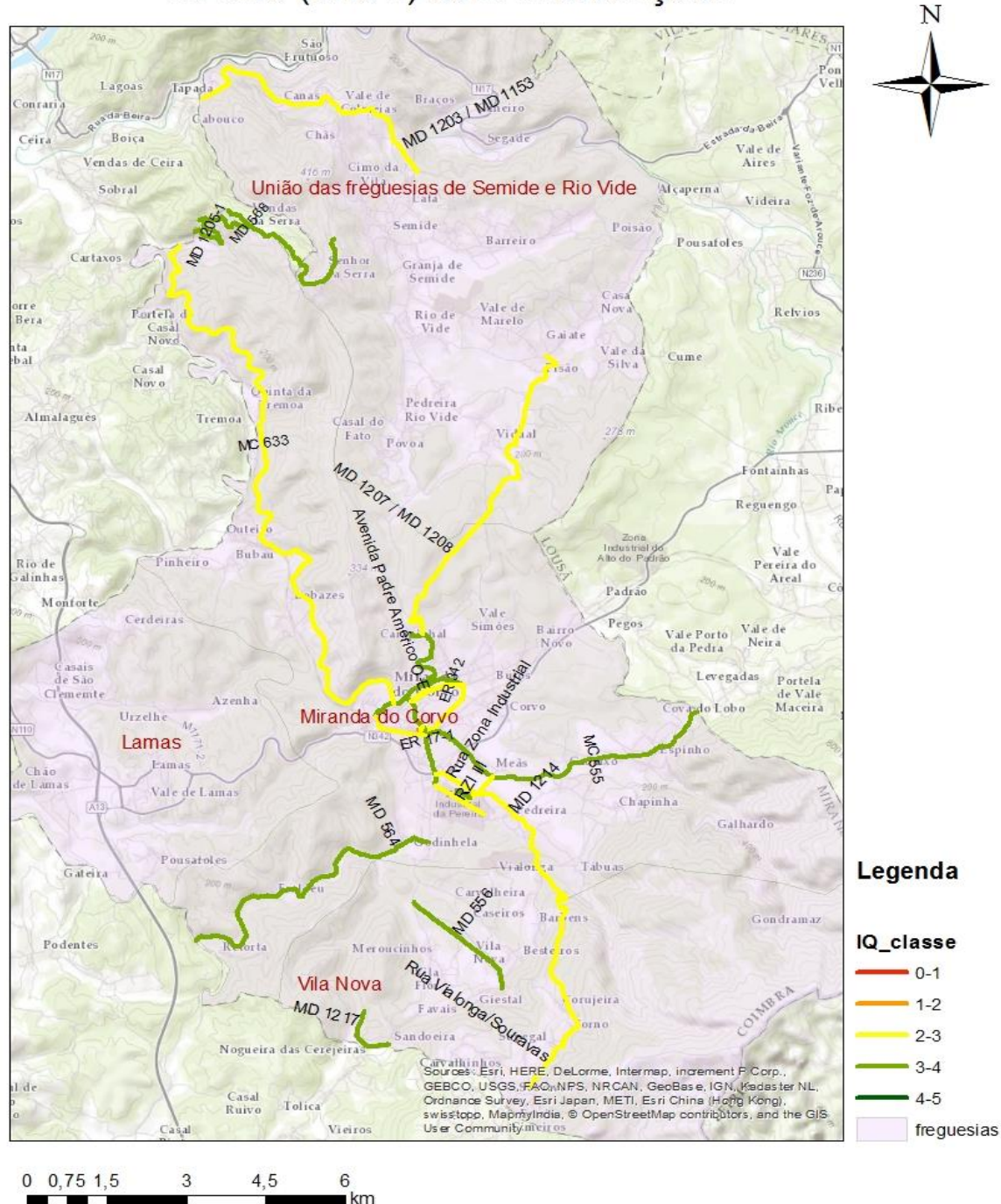


Figura 5.23 –Classes de IQ na rede com intervenções para obtenção de um NMQ de 2 (ano 2)

Sempre que o nível de IQ descia abaixo de 2, foi aplicada uma intervenção do tipo 2 e/ou do tipo Med, consoante o método a aplicar, intervenções estas que começaram logo no ano 0, no subcapítulo seguinte (custos) este assunto será explicado.

IQ vias (ano 6) com intervenções

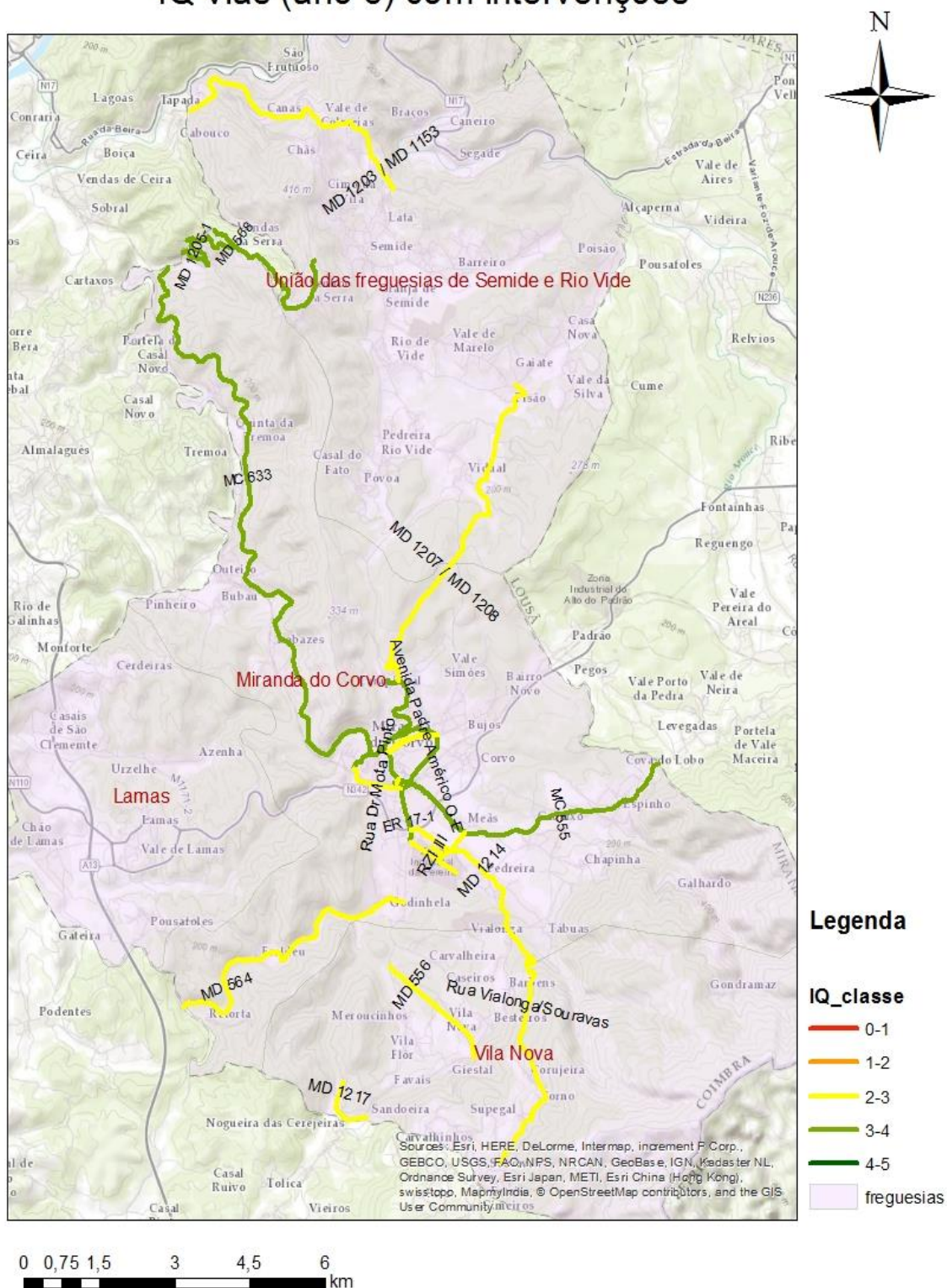


Figura 5.24 – Classes de IQ na rede com intervenções para obtenção de um NMQ de 2 (ano 6)

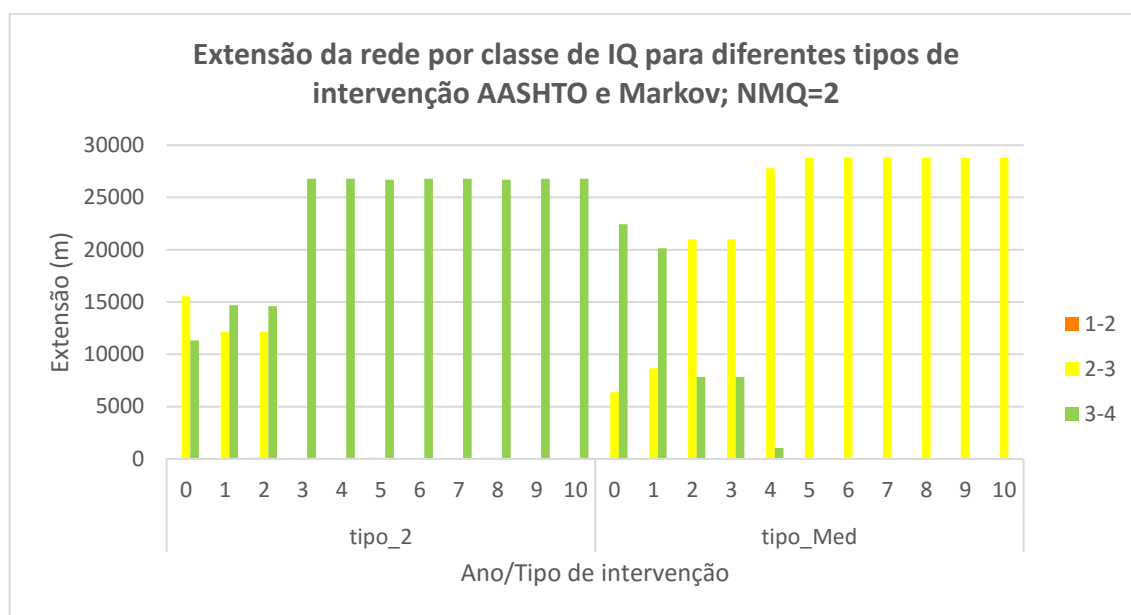


Figura 5.25 – Evolução da extensão da rede por classe de IQ (10 anos) com intervenções que garantam um NMQ de 2

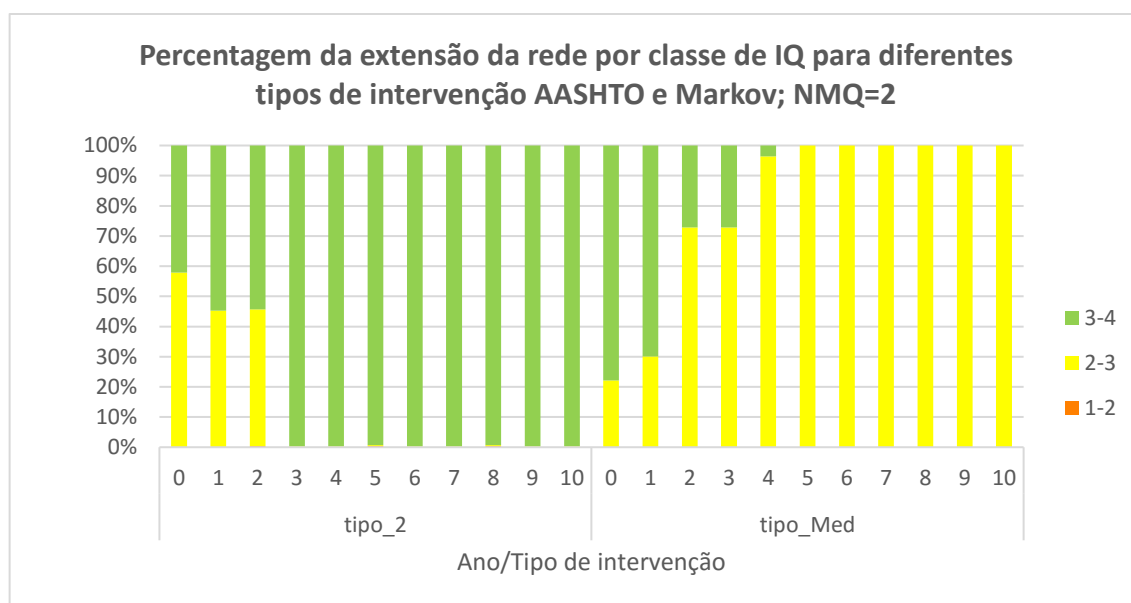


Figura 5.26 – Evolução das percentagens de extensão da rede por classes de IQ (10 anos) com intervenções que garantam um NMQ de 2

Analisando as Figuras 5.25 e 5.26, pode concluir-se que para as vias analisadas pelo método da AASHTO a intervenção do tipo 2 é suficiente para colocar toda a rede na classe de IQ Bom (3-4) a partir do terceiro ano, inclusive. Para as vias analisadas pelo método de Markov o melhor

que se consegue para uma intervenção do tipo Med é atingir a classe de IQ Mediocre (2-3). Porém, para se atingir um NMQ de 2 é suficiente.

A Figura 5.27 apresenta para as vias em estudo na freguesia de Miranda do Corvo o resultado das intervenções para um NMQ de 2.

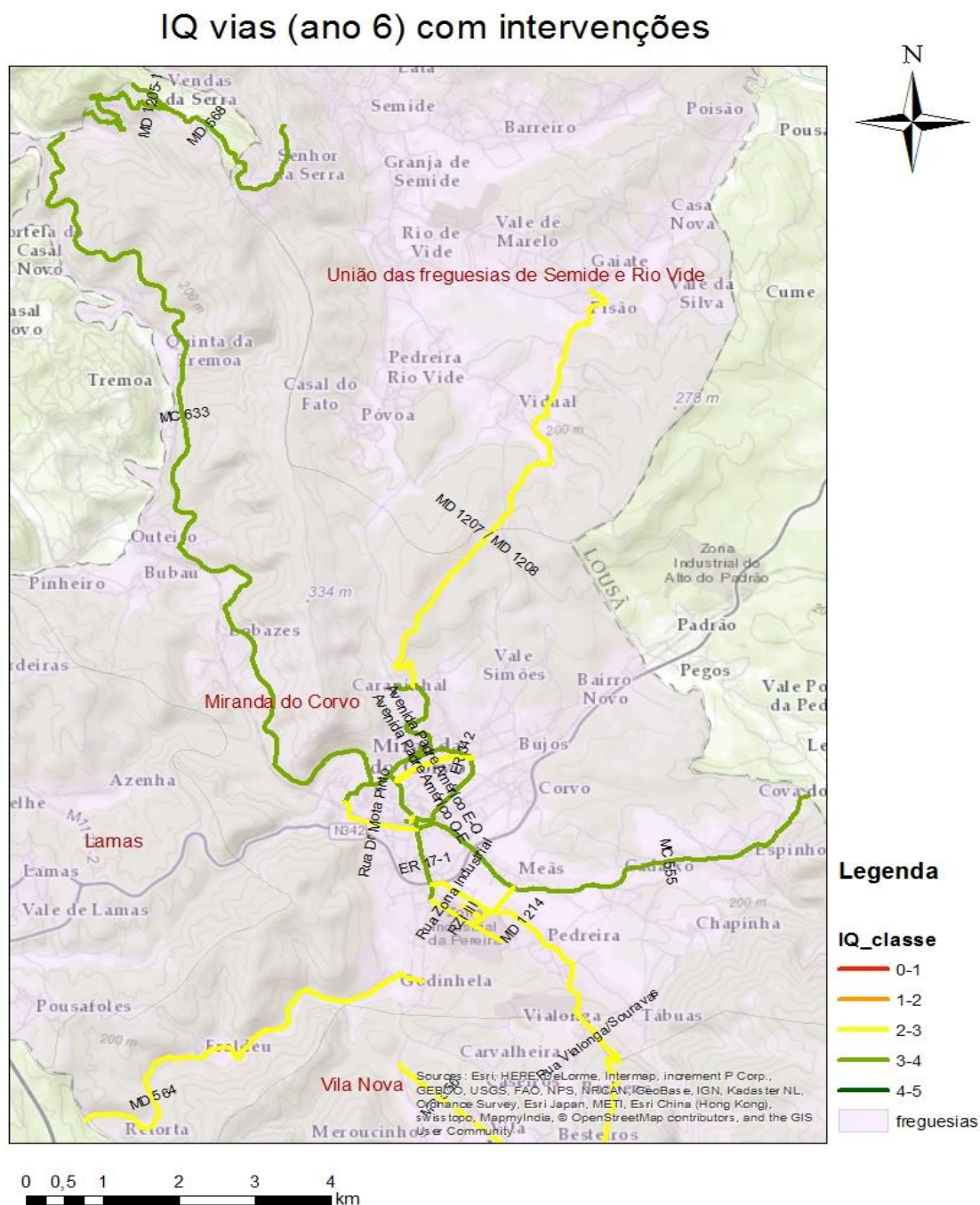


Figura 5.27 –Classes de IQ (10 anos) com intervenções na freguesia de Miranda do Corvo para um NMQ de 2

O Quadro 5.18 apresenta a evolução das extensões das vias em cada nível de IQ para todas as freguesias, com intervenções, ao longo do período de análise (10 anos).

As intervenções aplicadas foram do tipo 2 e tipo B, por serem as que apresentam os custos mais baixos, como será melhor explicado no subcapítulo seguinte.

Quadro 5.18 – Evolução da extensão das vias em todas as freguesias com intervenções (10 anos)

Freguesia	Ano	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Miranda do Corvo	0		18 226	20 855	39 081
	1		16 296	22 785	39 081
	2	110	19 021	19 950	39 081
	3		6 931	32 150	39 081
	4		11 626	27 455	39 081
	5	110	11 856	27 115	39 081
	6		12 706	26 375	39 081
	7		14 302	24 779	39 081
	8	110	14 302	24 669	39 081
	9		11 812	27 269	39 081
	10		7 891	31 190	39 081
União das freguesias de Semide e Rio Vide	0			9 426	9 426
	1			9 426	9 426
	2		8 003	1 423	9 426
	3		8 003	1 423	9 426
	4		8 003	1 423	9 426
	5		8 003	1 423	9 426
	6		8 003	1 423	9 426
	7		8 003	1 423	9 426
	8		8 003	1 423	9 426
	9		8 003	1 423	9 426
	10			9 426	9 426

Quadro 5.18 – Evolução da extensão das vias em todas as freguesias com intervenções (10 anos) (Cont.)

Freguesia	Ano	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Vila Nova	0		3 763	2 670	6 433
	1		3 763	2 670	6 433
	2			6 433	6 433
	3			6 433	6 433
	4		1 870	4 563	6 433
	5		2 670	3 763	6 433
	6		2 670	3 763	6 433
	7		6 433		6 433
	8		6 433		6 433
	9		6 433		6 433
	10		6 433		6 433

A Figura 5.28 mostra a evolução da percentagem da extensão do IQ por freguesia com intervenções dos tipos 2 e B, ao longo do período de análise.

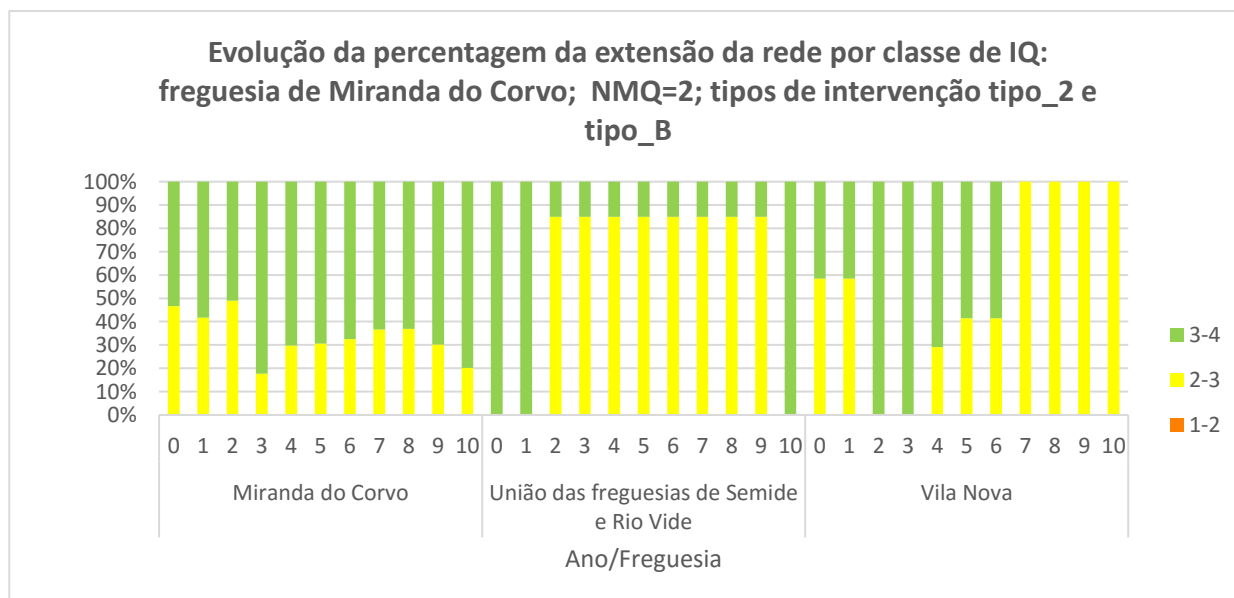


Figura 5.28 – Evolução das percentagens das classes de IQ (10 anos) com intervenções dos tipos 2 e B

As Figuras 5.29, 5.30 e 5.31 mostram para as vias ER 17-1 e Rua Vialonga/Souravas os resultados das intervenções ao longo do período de análise, para um NMQ de 2.

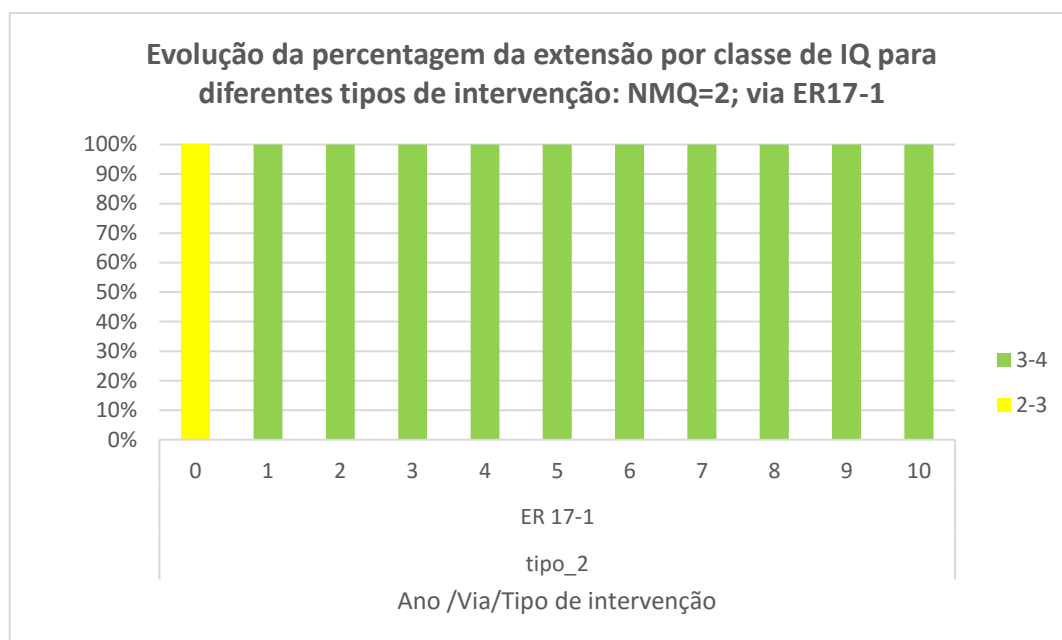


Figura 5.29 – Evolução das percentagens das classes de IQ (10 anos) com intervenções do tipo 2 (ER 17-1)

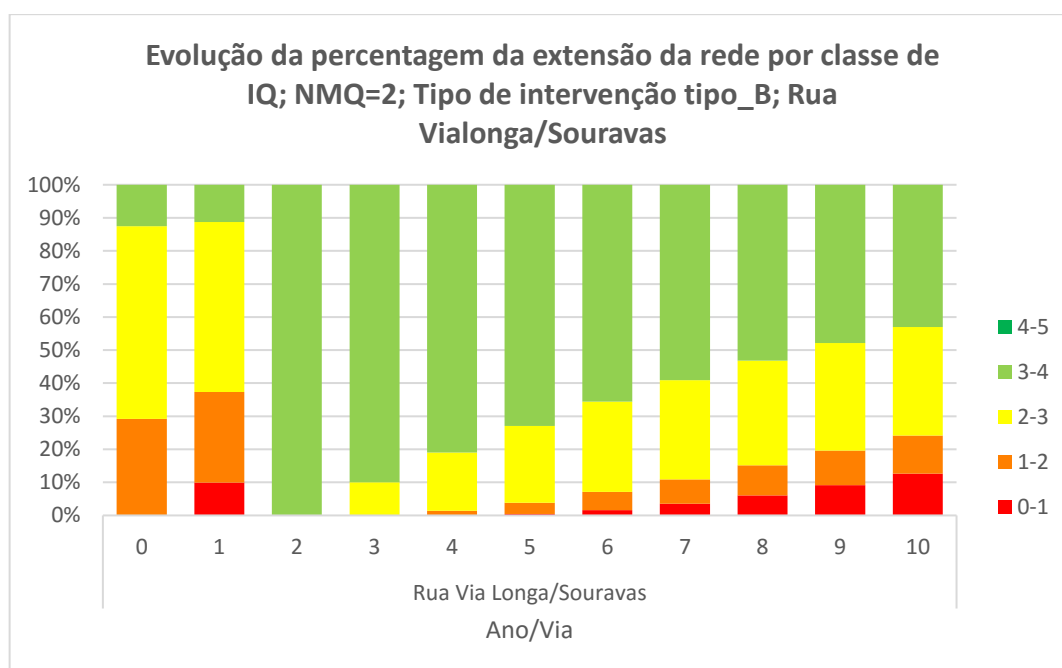


Figura 5.30 – Evolução das percentagens da extensão da via por classe de IQ (10 anos) com intervenções do tipo B (Rua Vialonga/Souravas)

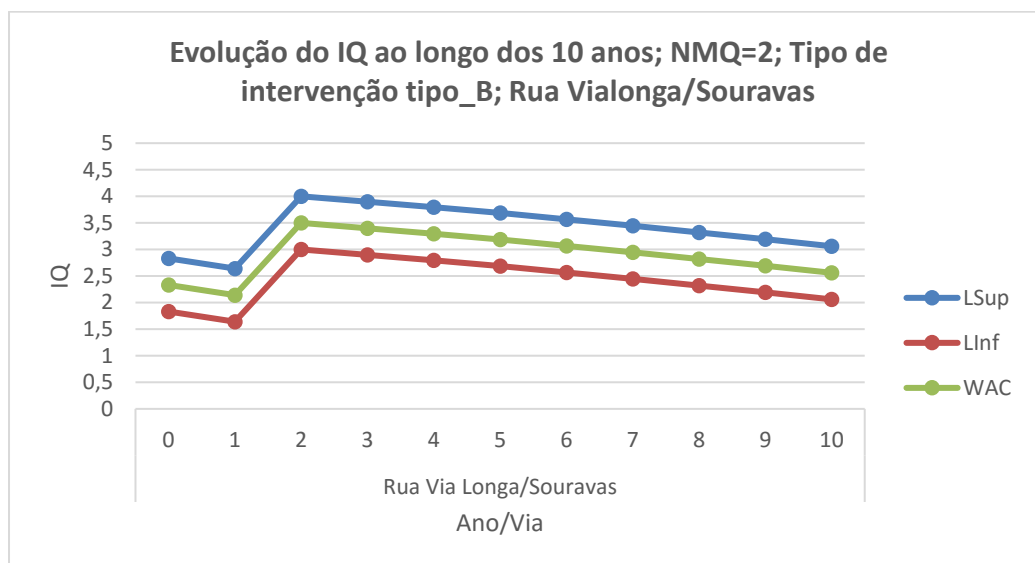


Figura 5.31 – Evolução do IQ (10 anos) com intervenções do tipo B (Rua Vialonga/Souravas)

A Figura 5.31 representa uma ponderação da Figura 5.30 para cada ano do IQ.

Como se pode observar na Figuras 5.30 e 5.31, na Rua Vialonga/Souravas, basta atuar uma vez ao longo do período de análise com uma intervenção do tipo B, para se obterem resultados satisfatórios. Na via ER 17-1, como se poderá observar no subcapítulo seguinte, já haverá necessidade de intervir todos os anos do período de análise.

As Figuras 5.32 e 5.33 apresentam os resultados referentes a uma intervenção forte (tipo MB) na Rua Vialonga/Souravas.

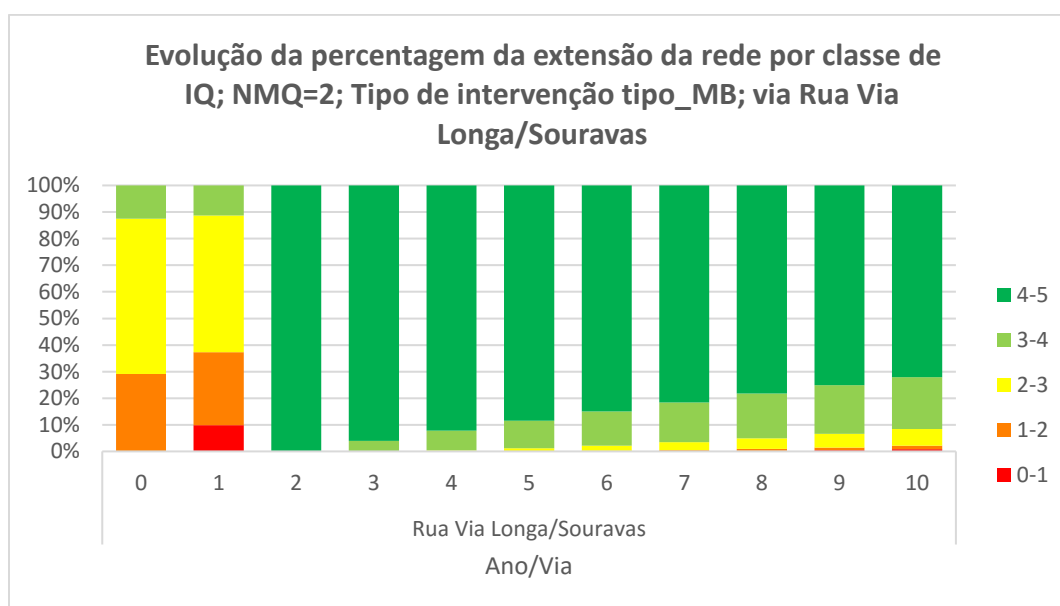


Figura 5.32 – Evolução das percentagens das classes de IQ (10 anos) com intervenção do tipo MB (Rua Vialonga/Souravas)

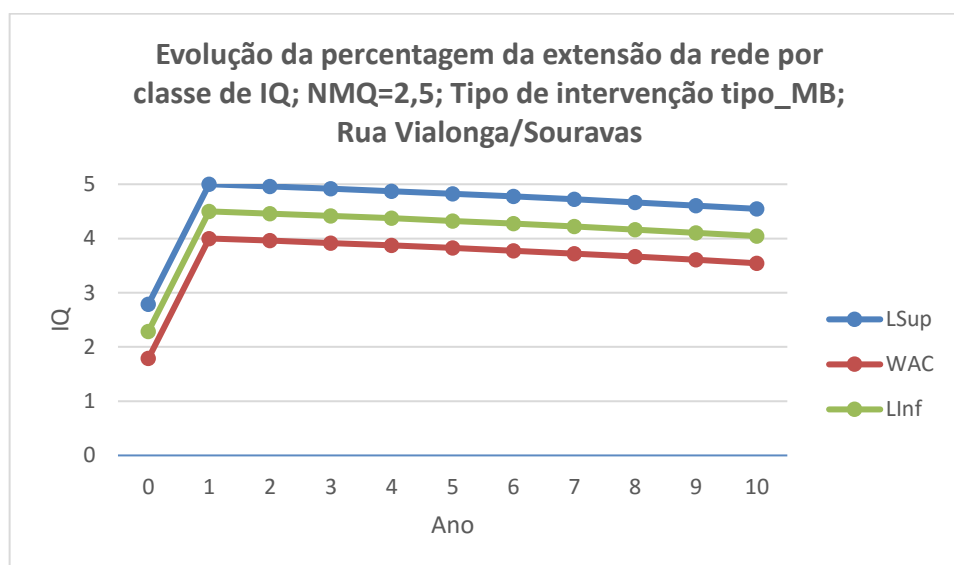


Figura 5.33 – Evolução do IQ (10 anos) com intervenção do tipo MB (Rua Vialonga/Souravas)

Pode concluir-se ao observar as Figuras 5.33 e 5.34, que fazendo uma intervenção forte (tipo MB e do tipo 5) para um NMQ de 2,5, logo no ano 0, obtêm-se resultados muito bons, permitindo que o pavimento ao fim dos 10 anos continue ainda em excelente estado (como seria de esperar devido ao tipo de intervenção e ao tráfego reduzido de pesados).

A Figura 5.34 mostra o efeito de uma intervenção forte (tipo 5) na via ER 17-1, no ano 0.

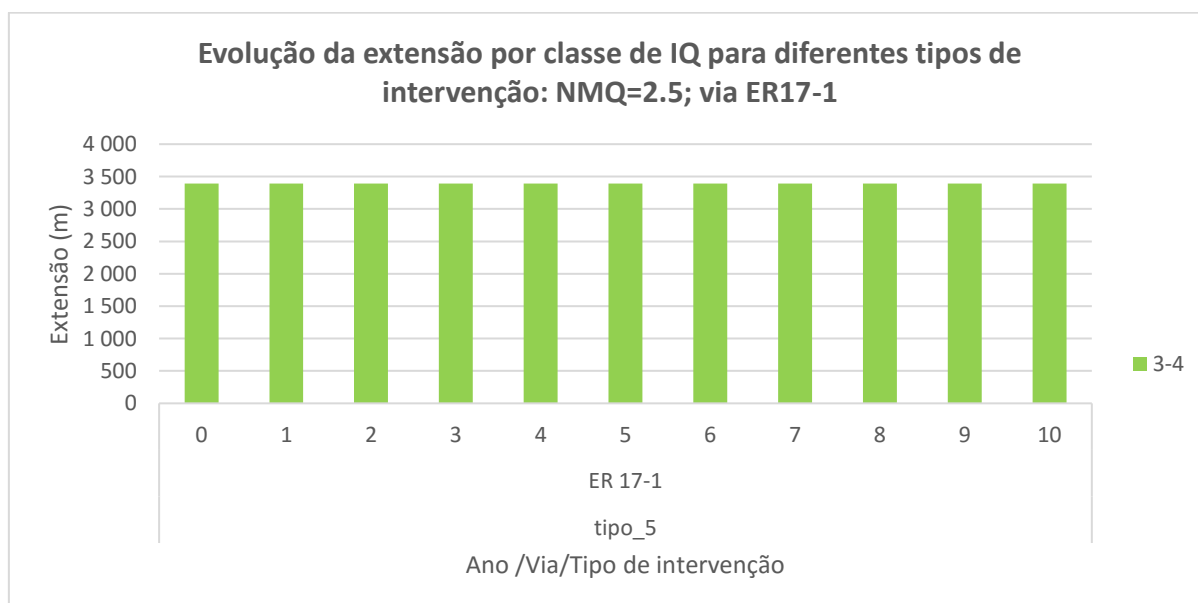


Figura 5.34 – Evolução da extensão da via por classe de IQ (10 anos) com intervenção do tipo 5 na Via ER 17-1

Analisando a Figura 5.34 conclui-se que o efeito é semelhante ao do exemplo anterior, para um NMQ de 2,5 intervindo logo no ano 0, a via irá atingir um patamar de qualidade Bom (classe de IQ 3-4) e manter-se-á nessa classe durante os 10 anos.

As figuras e os quadros apresentados neste subcapítulo mostram quais os trechos que necessitam de intervenções e também a eficácia previsível dos diferentes tipos de intervenções para se conseguir alcançar os objetivos de qualidade dos pavimentos. A apreciação tem de ser complementada com a análise de custos no próximo subcapítulo para ser possível averiguar a compatibilidade das intervenções com o orçamento disponível.

5.6 Custos associados

O valor do dinheiro varia ao longo do tempo. Segundo Jawad & Ozbay (2006), um euro gasto no futuro vale menos do que um euro gasto no presente. Por esse motivo os custos e benefícios associados aos investimentos que ocorrem em alturas distintas devem ser comparados num ponto comum no tempo. Para isso, aplica-se uma variável financeira designada por taxa de desconto (r), que representa a variação do valor temporal do dinheiro. A escolha da taxa de desconto mais adequada pode ser um problema complexo. Neste trabalho adotou-se a uma taxa de desconto de 2,5%, tal como proposto por Meneses (2013).

Considera-se que a forma mais plausível de quantificar os custos no caso de pequenas redes é a quantificação dos chamados custos para a administração, ou seja, no caso de um município, os custos para a Câmara Municipal decorrentes das ações de conservação a aplicar nos trechos existentes. Outros custos, como os chamados custos dos utentes, exigem quantificações mais complexas e não são, numa abordagem simplificada, essenciais para que o processo possa levar a uma gestão mais eficiente e eficaz da conservação dos pavimentos. Porém, aconselha-se a avaliação dos custos dos utentes, ainda que de forma simples, em casos específicos de itinerários com tráfego particularmente elevado em longos períodos do dia. Nestes casos, os elevados tempos de percurso e de operação dos veículos, e a maior exposição ao acidente, podem influenciar consideravelmente o processo de decisão, levando, por exemplo, à aplicação mais frequente de técnicas de conservação preventiva e/ou à realização das intervenções durante a noite (Videira et al, 2016).

Para efeitos de quantificação de custos, fez-se uma correspondência entre os tipos de intervenção aplicados no método das Cadeias de Markov e o valor das intervenções aplicadas no método da AASHTO (Quadro 5.19).

A área total dos pavimentos observados neste trabalho foi de 334287 m^2 . A contabilização de custos foi efetuada com base nos valores que se sintetizam no Quadro 5.20, no qual se mostra como se relacionou o tipo de intervenção com o nível de IQ dos pavimentos nos anos 0, 5 e 10.

Quadro 5.19 – Relação entre os tipos de intervenções e respectivos custos

Intervenção AASHTO	Intervenção Markov	Descrição	Custo (€/m²)
2	De Bom para Muito Bom	Recuperação de características superficiais	5,18
3	De Mau para Medíocre De Medíocre para Bom	Reabilitação leve	12,25
4	De Mau para Bom	Reabilitação média	18,79
5	De Mau para Muito Bom	Reabilitação forte	21,29
-	De Muito Mau para Muito Bom	Reconstrução total	2 x 21,29

Quadro 5.20 – Distribuição das áreas por tipos de intervenção

Ano 0			
IQ	Tipo de intervenção	Área (m²)	Percentagem (%)
0-1	5	0	0
1-2	4	20 048	5,99
2-3	3	118 440	35,43
3-4	2	195 799	58,57
4-5	1	0	0
Total ano 0		334 287	100
Ano 5			
IQ	Tipo de intervenção	Área (m²)	Percentagem (%)
0-1	5	66 722,4	20,00
1-2	4	57 561,4	17,2
2-3	3	56 809,6	17,00
3-4	2	153 193,5	45,8
4-5	1	0	0
Total ano 5		334 287	100

Quadro 5.20 – Distribuição das áreas por tipos de intervenção (Cont.)

Ano 10			
IQ	Tipo de intervenção	Área (m²)	Porcentagem (%)
0-1	5	142 813	42,72
1-2	4	21 208	6,34
2-3	3	43 473	13,00
3-4	2	126 793	37,93
4-5	1	0	0
Total ano 10		334 287	100

Tendo por base a informação de custos apresentada no Quadro 5.7, o qual contém a informação sobre as técnicas de conservação e os seus respetivos custos por metro quadrado, calcularam-se os custos das intervenções em cada ano, descontando-os para ano 0, ou seja, 2015, através da equação (4.16), utilizando a taxa de desconto de 2,5%.

$$F_{(r,t)} = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (5.9)$$

Onde:

$F_{(r,t)}$ – Fator de atualização;

r – Taxa de desconto;

t – Número de anos.

Os valores atualizados (VA) calculam-se multiplicando os valores do Quadro 5.12 pelas respetivas áreas de intervenção e aplicando a taxa de desconto para o anos 0 (2015). Em seguida mostra-se como se calcula o VA para as várias intervenções (Quadro 5.12).

Quadro 5.21 – Áreas por tipos de intervenção e custos associados para o ano 0 (2015)

	Área tipo 2 (m²)	VA (€) r=2,5%	Área tipo 3 (m²)	VA (€) r=2,5%	Área tipo 4 (m²)	VA (€) r=2,5%	Área tipo 5 (m²)	VA (€) r=2,5%
Ano 0	195 799	1 014 239	118 440	1 450 890	20 048	376 702	0	0
Ano 5	153 194	701 376	56 810	615 090	57 561	955 958	66 722	1 255 533
Ano 10	126 793	513 082	43 473	416 023	21 208	311 306	142 813	2 375 225
Total	475 786	2 228 696	218 723	2 482 003	98 817	1 643 966	209 535	3 630 758

Ano 0:

$$VA = 5,18 \times 22555,6 = 116\,838 \text{ €}$$

Ano 5:

$$VA = \frac{5,18 \times 182926,8}{(1 + 0,025)^5} = 837\,505,5 \text{ €}$$

Ano 10:

$$VA = \frac{5,18 \times 156851,3}{(1 + 0,025)^5} = 634\,715,6 \text{ €}$$

Esta maneira de fazer admite preços constantes nos 10 anos de análise. Mantendo-se o preço, o custo é menor por causa da taxa de desconto.

É preciso ter presente que os preços podem evoluir no tempo, o que implicaria algum ajuste nestas contas. Porém, não temos dados seguros sobre a evolução futura dos preços, pelo que pode fazer-se a análise a preços constantes.

A Figura 5.35 mostra os custos atualizados para o ano 0 (2015), de todos os tipos de intervenções, para um NMQ de 2. Analisando a figura para as vias analisadas pelo método das cadeias de Markov, chega-se à conclusão que a intervenção tipo Med é mais cara do que uma intervenção mais forte, do tipo B e até mesmo do tipo MB porque, como já foi referido anteriormente, trata-se de uma intervenção leve e, por isso, terá de ser aplicada mais vezes do que qualquer uma das outras. Para as vias analisadas pelo método da AASHTO a intervenção mais barata é a do tipo 2 e a mais cara a do tipo 5.

A Figura 5.35 apresenta as várias intervenções que são aplicadas quando o NMQ é inferior a 2 e os custos são apresentados cumulativamente por ano e por via, note-se que onde se aplica o método das cadeias de Markov, por o tráfego de pesados ser muito pouco significativo a degradação vai ser pouco acentuada e consequentemente vai-se intervir menos vezes, daí a razão de não serem aplicadas intervenções em alguns anos. O mesmo se aplica para a Figura 5.36 mas, para um NMQ de 2,5.

As Figuras 5.35 e 5.36 são complementadas com gráficos que traduzem os custos e a sua progressão ao longo do período de análise (10 anos).

Analisando a Figura 5.36 conclui-se que para um NMQ de 2,5 nas vias analisadas pelo método das cadeias de Markov os custos da intervenção tipo Med vão aumentar muito significativamente, ficando a intervenção tipo MB como a mais barata (por ter de se intervir menos vezes). Para as vias analisadas pelo método da AASHTO temos a mesma situação verificada para um NMQ = 2, mas com os custos para a intervenção tipo 2 a diminuírem.

Sum of Custo_VA_eur	Tipos_Intervenção							
Ano	tipo_2	tipo_3	tipo_4	tipo_5	tipo_B	tipo_MB	tipo_Med	
0	52 256 €	124 313 €	190 681 €	216 051 €				
1	27 249 €	57 987 €	88 945 €	56 704 €	62 747 €	75 686 €	37 896 €	
2	52 173 €	117 087 €	179 597 €	174 677 €	455 418 €	555 219 €	280 858 €	
3	138 042 €	320 307 €	491 312 €	542 841 €				
4	189 693 €	449 265 €	689 117 €	753 377 €	27 959 €	33 822 €	16 328 €	
5	23 313 €	42 464 €	65 135 €	33 871 €			76 792 €	
6	40 147 €	89 237 €	136 879 €	155 091 €			511 932 €	
7	14 215 €	28 052 €	43 028 €	10 746 €				
8	34 828 €	82 967 €	127 261 €	108 337 €			30 652 €	
9	21 519 €	45 592 €	69 932 €	67 304 €	285 921 €	337 046 €	309 426 €	
10	13 605 €	27 006 €	41 423 €	23 284 €	1 029 824 €	1 210 162 €	1 415 604 €	
Total Geral	607 040 €	1 384 277 €	2 123 311 €	2 142 284 €	1 861 869 €	2 211 935 €	2 679 488 €	

Figura 5.35 – Custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ 2

A Figura 5.36 mostra os custos atualizados para o ano 0 (2015), de todos os tipos de intervenções, para um NMQ de 2,5.


Sum of Custo_VA_eur	Tipos_Intervenção						
Ano	tipo_2	tipo_3	tipo_4	tipo_5	tipo_B	tipo_MB	tipo_Med
0	413 343 €	1 003 373 €	1 539 051 €	1 745 099 €	375 157 €	523 013 €	113 925 €
1	5 963 €	24 643 €	37 800 €		19 781 €	28 757 €	234 660 €
2	15 807 €	32 204 €	49 397 €	28 370 €			339 464 €
3	17 220 €	59 015 €	90 522 €	89 913 €			428 945 €
4	29 124 €	84 255 €	129 237 €	108 011 €			504 257 €
5	5 402 €	22 326 €	34 245 €		241 629 €	328 613 €	711 273 €
6	25 040 €	62 196 €	95 401 €	109 195 €	692 145 €	934 998 €	1 217 402 €
7	5 142 €	21 250 €	32 595 €				1 379 939 €
8	26 385 €	76 331 €	117 083 €	97 853 €	447 988 €	596 375 €	1 816 609 €
9	14 849 €	50 889 €	78 057 €	77 532 €	813 619 €	79 799 €	2 041 454 €
10	12 973 €	26 431 €	40 543 €	23 284 €	39 031 €		2 218 460 €
Total Geral	571 249 €	1 462 914 €	2 243 931 €	2 279 257 €	2 629 349 €	2 491 555 €	11 006 390 €
							

Figura 5.36 – Custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ 2,5

Analisando a Figura 5.36, como esta tem um grau de exigência maior (NMQ 2,5), de uma maneira geral os custos vão ser superiores excepto na intervenção tipo 2 e no caso da intervenção do tipo Med, irão torná-la inviável.

O Quadro 5.22 reúne a informação dos tipos de intervenção mais viáveis para aplicação, por freguesia, para um NMQ=2.

Quadro 5.22 – VA por freguesia ao longo dos 10 anos para um NMQ=2

Ano	Intervenções		
	tipo_2	tipo_B	tipo_Med
Miranda do Corvo			
0	52 233 €		
1	27 249 €	62 747 €	37 896 €
2	52 173 €	129 523 €	81 974 €
3	138 020 €		
4	189 673 €	27 959 €	16 328 €
5	23 293 €		76 792 €
6	40 127 €		145 624 €
7	14 215 €		
8	34 828 €		30 652 €
9	21 500 €	285 921 €	309 426 €
10	13 605 €	337 300 €	437 797 €
Total	606 917 €	843 450 €	1 136 490 €
União das freguesias de Semide e Rio Vide			
10		693 563 €	539 425 €
Total		693 563 €	539 425 €
Vila Nova			
2		331 137 €	202 083 €
6			372 200 €
10			446 252 €
Total		331 137 €	1 020 535 €
Total Geral	606 917 €	1 868 150 €	2 696 450 €

Analisando o Quadro 5.22 pode concluir-se que a freguesia de Vila Nova, embora tenha uma extensão reduzida de vias analisadas (6 444 m) em comparação com Miranda do Corvo (39 131 m), tem uma grande percentagem dessa extensão em mau estado (20% em mau estado e 36 % em num estado Medíocre, Quadro 5.3), o que vai aumentar significativamente os custos de intervenção.

Os gráficos das Figuras 5.37 e 5.38 apresentam o que está representado nos quadros das Figuras 5.35 e 5.36 respetivamente. Onde se mostra o cenário de decisão por ano, para cada tipo de intervenção para um NMQ=2 e um NMQ=2,5.

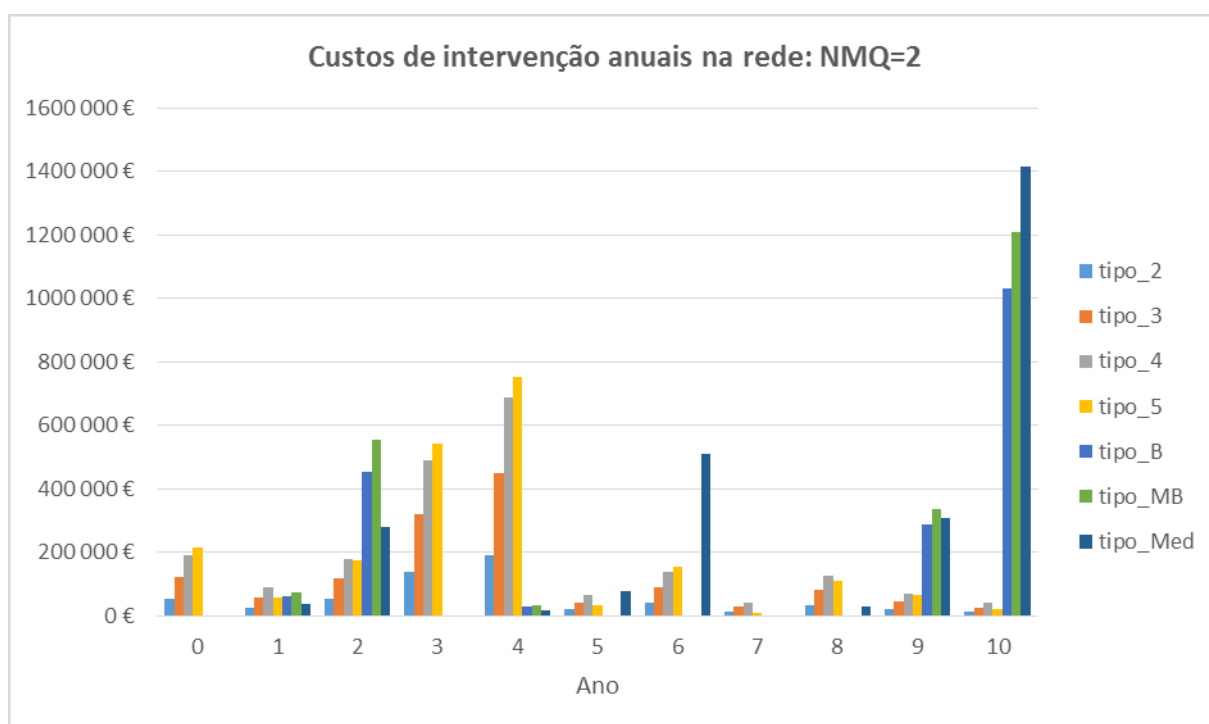


Figura 5.37 – Gráfico de custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ=2

A Figura 5.39 mostra os custos das intervenções ao longo do período de análise (10 anos), na ER 17-1 pelo método da AASHTO e na Rua Vialonga/Souravas pelo método das Cadeias de Markov, comparam-se as intervenções que acarretam custos menores (tipo 2, tipo B e tipo Med).

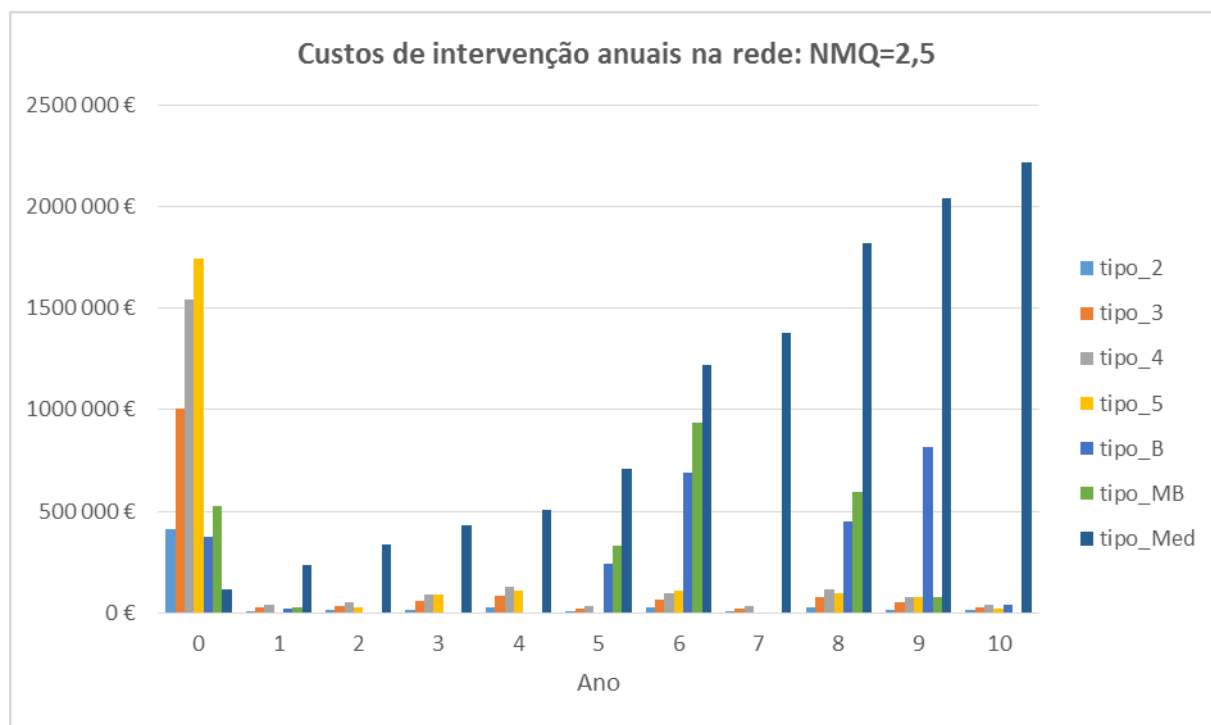


Figura 5.38 – Gráfico de custos de intervenções anuais nas rede para um NMQ=2,5

Sum of Custo_VA_eur	Column Labels			
Row Labels	tipo_2	tipo_B	tipo_Med	Grand Total
ER 17-1	101 791 €			101 791 €
0	5 221 €			5 221 €
1	17 193 €			17 193 €
2	16 773 €			16 773 €
3	26 061 €			26 061 €
4	7 096 €			7 096 €
5	6 922 €			6 922 €
6	4 502 €			4 502 €
7	3 844 €			3 844 €
8	6 428 €			6 428 €
9	4 181 €			4 181 €
10	3 569 €			3 569 €
Rua Via Longa/Souravas		392 428 €	1 209 427 €	1 601 856 €
2		392 428 €	239 487 €	631 915 €
6			441 091 €	441 091 €
10			528 850 €	528 850 €
Grand Total	101 791 €	392 428 €	1 209 427 €	1 703 646 €

Figura 5.39 – Custos das intervenções anuais na ER 17-1 e Rua Vialonga/Souravas

5.7 Síntese

Neste capítulo apresentou-se, a forma de efetuar a avaliação da qualidade de pavimentos (IQ) rodoviários ao longo do período de análise através da aplicação da fórmula do Estado do Nevada, adaptada à cidade de Lisboa. Além disso, apresentou-se o funcionamento geral de dois sistemas de apoio à decisão usados em sistemas de gestão de pavimentos. Um sistema determinístico, baseado na fórmula da (AASHTO, 1993) e um sistema probabilístico baseado em cadeias de Markov.

Após a determinação de índices de qualidade para os trechos considerados no ano da inspeção dos pavimentos, utilizou-se o modelo determinístico da AASHTO nos trechos com um tráfego de pesados considerável, para prever a evolução da qualidade dos pavimentos no período de análise. Para os trechos onde o tráfego de pesados era muito baixo utilizou-se, para prever a evolução da qualidade dos pavimentos no período de análise de 10 anos, um modelo probabilístico, designadamente cadeias de Markov.

A possibilidade de prever a evolução no tempo do índice de qualidade dos pavimentos, permitiu avaliar os custos de conservação a incorrer pela administração, tendo em consideração dois níveis mínimos de qualidade (2,0 e 2,5) no período de análise.

Além disso, apresentaram-se análises globais da rede que permitiram obter distribuições percentuais da extensão da rede com diferentes níveis de qualidade. Trata-se de uma forma útil de contribuir para a decisão política sobre as ações de conservação, porquanto dá ao decisor uma visão geral do estado da rede, no momento da decisão, e no período futuro.

Por fim, apresenta-se uma análise de custos, onde se articulam estratégias de ações de conservação e os respetivos custos para o município.

6 CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Síntese do Trabalho

Este trabalho compreendeu o estudo de sistemas de gestão de pavimentos de redes rodoviárias e, ainda, a aplicação de metodologias daqueles sistemas a um itinerário da rede municipal do município de Miranda do Corvo.

Para que as entidades gestoras, tais como os municípios, consigam manter as suas redes rodoviárias em condições aceitáveis, é fundamental atuar de forma planeada e preventiva-curativa, embora se reconheça que este tipo de decisões tenham uma base fortemente política.

Contudo, a implementação de raiz de um SGP poderá não ser fácil porque não se pode adquirir um sistema já pronto e colocá-lo a funcionar, num ambiente para o qual não foi programado. Como foi referido anteriormente, para que um sistema funcione de forma eficaz, terá que ser adaptado a cada situação, não esquecendo nunca as questões político-administrativas que também variam de entidade para entidade. Porém, as componentes base de um SGP terão sempre a mesma estrutura.

As bases de dados permitem o armazenamento e manipulação de dados relativos às redes rodoviárias. Por esta razão, são uma das componentes mais importantes em qualquer SGP, por mais simples que seja.

Um dos componentes importantes da gestão de pavimentos é o Sistema de Avaliação de Qualidade, os quais têm uma elevada importância no processo de gestão da conservação dos pavimentos, podendo incluir análises mais ou menos elaboradas para quantificar o estado de conservação presente e futuro dos pavimentos. No caso de estudo foram utilizados parâmetros de estado relativos ao fendilhamento, covas, peladas, rodeiras e ainda valores estimados de IRI.

Os Sistemas de Apoio à Decisão têm como base modelos de previsão do comportamento e, geralmente, modelos de minimização de custos e/ou de maximização da qualidade. As decisões têm sempre como restrição incontornável as disponibilidades orçamentais. No caso de estudo não se implementaram modelos de otimização, os quais em geral consideram uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições de carácter técnico e económico.

No caso de estudo, a construção de cenários futuros de evolução das degradações na rede rodoviária não se basearam em modelos de otimização. Porém, utilizaram-se rotinas disponíveis, desenvolvidas em SIG e Excel para construir os cenários que permitem simular as intervenções a realizar para atingir determinados requisitos de índice de qualidade do pavimento.

Os modelos de previsão do comportamento dos pavimentos consistem em representações matemáticas, que permitem, de forma probabilística ou determinística, prever o estado futuro dos pavimentos, tendo em conta o seu estado atual, os fatores de degradação e os efeitos resultantes das ações de conservação.

Os sistemas de custos variam de entidade para entidade, mas devem incluir sempre os custos de conservação dos pavimentos, com o objetivo de melhorar o desempenho da administração na conservação da rede. Tal como se fez no caso de estudo, mesmo quando não se utilizam modelos de otimização, pode contribuir-se de forma considerável para apoiar as entidades gestoras com poucos meios técnicos e humanos, como acontece em muitos dos municípios portugueses. Contribui-se, assim, para tomarem decisões mais equilibradas no que diz respeito à conservação da rede rodoviária.

As metodologias utilizadas neste relatório mostram que com poucos meios técnicos e humanos é possível a aplicação de um SGP simplificado, mas que, mesmo assim, permite suportar, de forma mais objetiva do que é habitual, um processo de decisão sobre as ações de conservação a implementar numa rede municipal de pequena dimensão.

No caso de estudo consideraram-se várias etapas fundamentais: o levantamento visual das degradações superficiais de todo o itinerário selecionado; o carregamento destas numa folha de Excel de forma organizada; o processamento dos dados inseridos, obtendo valores de índices de qualidade (IQ), para todos os trechos, referentes ao levantamento, e a previsão dos IQ no período de análise de dez anos.

Note-se que, no caso de estudo se utilizaram duas metodologias para prever a evolução do estado dos pavimentos no período de análise. Um modelo determinístico, da AASHTO nos trechos com tráfego de pesados considerável. Um modelo probabilístico, cadeias de Markov, nos trechos onde o tráfego de pesados era desprezável.

Uma vez que de dispunha da informação carregada em SIG, foi possível fazer análises de base territorial, ao município, à freguesia e à via. Estas análises incluíram a quantificação da extensão de vias em cada um dos níveis de qualidade considerados (5 ao todo), em cada um dos anos de planeamento. Foram ainda estabelecidos cenários de custos de conservação, associados a diferentes estratégias de intervenção na rede.

No que se refere aos órgãos de drenagem e à sinalização da rede, o inventário permitiu caracterizar o estado daqueles elementos da rede no ano do levantamento, tendo as análises de base espacial efetuadas em SIG sido utilizadas para quantificar e localizar os elementos a necessitar de intervenção imediata ou num prazo relativamente curto.

6.2 Conclusões Finais

Tendo em conta os conhecimentos adquiridos durante o estudo efetuado e os resultados alcançados, pode considerar-se que os objetivos propostos foram atingidos.

Contudo, foram encontradas algumas dificuldades, devido à falta de informação relativa à constituição dos pavimentos, e outros dados históricos, que pudessem contribuir para a caracterização estrutural dos pavimentos.

A inspeção visual detalhada das diversas ruas selecionadas foi concretizada sem recorrer a metodologias de levantamento mecânico ou equipamento de registo, o que permitiu a obtenção dos seus índices de qualidade.

Recorreu-se a uma metodologia mais simples, tendo sido possível mostrar que pode obter-se informação sobre a rede, avaliar o estado de conservação dos pavimentos e fazer previsões sobre o estado de conservação futura da rede. Isso ainda possibilitou avaliar os custos de conservação e estabelecer um plano de conservação.

A MPT utilizada nas cadeias de Markov estabelece a rapidez como o pavimento passa de um nível de qualidade para o seguinte. Alterações consideráveis nos valores das probabilidades conduzem a evoluções do IQ no tempo bastante relevantes. Assim, recomenda-se uma aferição tão boa quanto possível das MPT a utilizar numa dada rede, preferencialmente a partir de dados históricos de evolução das degradações.

No que diz respeito à influência da taxa de desconto, para a gama de variação considerada no estudo paramétrico, de 2 a 3%, verificou-se que a diferença de custos de conservação é pequena, embora se tenha verificado que quanto mais elevada for a taxa de desconto menores serão os custos.

Quando se estudou a aplicação do NMQ para um IQ de 2, constatou-se que para se otimizar o custo das intervenções têm de se analisar corretamente as patologias, dado que tendo um pavimento degradado apenas com fendilhamento, basta aplicar uma intervenção do tipo 2 que é muito mais barata do que qualquer uma das outras e produz o mesmo efeito.

6.3 Trabalhos Futuros

Aplicar a intervenção certa no sítio certo na altura certa é o grande objetivo de um SGP.

O problema das entidades gestoras é saber o estado de qualidade dos trechos da sua rede, quais são os que necessitam de intervenção, quando é que necessitam dessas mesmas intervenções e quanto é que são os custos de conservação.

Assim, como trabalhos futuros propõe-se a implementação do sistema implementado no município, de modo a avaliar a viabilidade de utilização continuada em contexto institucional. Isso permitiria verificar a bondade do procedimento quando comparado com as metodologias

que habitualmente utilizam. A implementação permitira verificar se o pessoal e os meios técnicos existentes poderiam ter em funcionamento, com sucesso, metodologias simples como as que se utilizaram neste caso de estudo. Isso permitiria ter um conhecimento mais objetivo do estado de conservação da rede, podendo atuar-se de forma programada em termos de conservação da mesma, reduzindo os custos.

Seria também interessante implementar um sistema de registo de informação, mais automatizado que o utilizado no presente trabalho, de modo a reduzir a intervenção humana no processo. A utilização de ferramentas de análise poderosas como o ArcGIS tornam-se imprescindíveis, devendo desenvolver-se ainda mais as rotinas em Excel de que se dispunha de modo a tornar o processo ainda mais automático.

A inclusão de um modelo de custos de conservação específico para o município de Miranda do Corvo seria também um desenvolvimento futuro a considerar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSR (2007). Recomendações sobre instalação de sistemas de controlo de velocidade associados a sinalização luminosa de regulação do trânsito – Semáforos. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Lisboa.
- Baptista, A. (1999). Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários Flexíveis: Aplicabilidade em Portugal dos Métodos Existentes. Dept. Eng^a Civil da F.C.T. da Universidade de Coimbra, Tese de Mestrado em Engenharia Urbana, Coimbra.
- Branco, F., Pereira, P. & Picado-Santos, L. (2008). Pavimentos Rodoviários. Coimbra, Portugal.
- CLIMATE-DATA (2016). <http://pt.climate-data.org/location/715152/> (consultado em Maio de 2016).
- Capitão, S. (2009). Apontamentos teóricos das aulas da unidade curricular de Rodovias Municipais. Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra.
- ESRI (2016). <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/linear-referencing/what-is-linear-referencing.htm> (consultado em Março de 2016).
- Ferreira, A. (s.d.). Gestão da Conservação de Redes Rodoviárias. F.C.T. Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil. Coimbra: Grupo de Investigação em Vias de Comunicação.
- Ferreira, A. (2001). Otimização de Conservação de Pavimentos das Redes Rodoviárias. Tese de Doutoramento, F.C.T. Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, especialidade de Ordenamento do Território e Transportes, Coimbra.
- Ferreira, A., Meneses, S. e Vicente, F. (2008). Pavement-management system for Oliveira do Hospital. Portugal.
- Ferreira, A., Picado-Santos, L., Antunes, A., Carvalheira, C., Santos, B., Bicho, M., Quadrado, I., Silvestre, S. & Morais, C. (2006). Sistema de gestão da conservação da rede rodoviária de Lisboa. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Ibraheem, A., e Falih, D. (2011). Applying Geographic Information System (GIS) for Maintenance Strategy Selection. Baghdad: Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Nahrain.
- JAЕ (1995). Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional. Junta Autónoma de Estradas.

- Jawad, D., & Ozbay, K. (2006). The discount rate in life cycle-cost analysis of transportation projects. *Proceedings of the 85th Annual TRB Meeting, Washington, DC, CD Edition, 06-2662.pdf*, 1-19.
- MACOPAV. (1995)
- Meneses, S. (2013). Multi-Objective Decision-Aid Tool for Pavement Management. Tese de Doutoramento, 1-252, Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil. Coimbra
- Meneses, S. & Ferreira, A. (2006). Sistema de Gestão da Conservação de Pavimentos para o município de Oliveira do Hospital. Universidade de Coimbra. Coimbra..
- Naruo, M. (2003). O estudo dos consórcios entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informação geográfica. São Paulo: Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo.
- Oliveira, J., Pereira, P., Picado-Santos, L. (S.D.). Pavimentos Rodoviários: A importância da existência de um sistema de gestão.
- Picado-Santos, L., (2013). Sistema de gestão de pavimentos. Estrutura, funcionamento e implementação. Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georecursos, Lisboa.
- Pereira, P., Pais, J., Freitas, E., Silva, H. & Oliveira, J. (2007). A reabilitação de rede rodoviária no século XXI. A Contribuição da Inovação para uma Visão Global da Reabilitação Rodoviária. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. Guimarães.
- Rayya, H., Oliver, L., & Amutha, T. (2014). Modelling subjective condition data of asphalt surfaced urban pavements. Swinburne University of Technology, Transport Reserch Arena, Paris.
- Roque, C. (s.d. b). Sinalização vertical, Características. Instituto de Infraestruturas Rodoviárias (IP). (a)
- Roque, C. (s.d. c). Sinalização vertical, critérios de utilização. Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, Lisboa. (b)
- Roque, C. (s.d. d). Marcas Rodoviárias Características Dimensionais Critérios de Utilização e Colocação. Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, Lisboa. (c)
- Santos, O., Capitão, S. & Meneses, S. (2014). Avaliação da Sensibilidade Associada a Parâmetros Incluídos em Estudos de Gestão da Conservação de Pavimentos. Instituto Politécnico de Coimbra. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra.
- Seco, Á., Antunes, A., Costa, A., & Silva, A. (2006). Princípios Básicos de Organização de Redes Viárias. Universidade de Coimbra; Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil.

- Silva, A. (1998). Sistemas de informações geográficas para planejamento de transportes. São Paulo: Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Videria, F., Santos, Ó., Capitão, S., Proposta de Manual de Conservação de Pavimentos para Pequenas Redes Rodoviárias Municipais, Artigo submetido ao 8º Congresso Rodoviário Português, Lisboa, 2016

APÊNDICES

APÊNDICE I. Índice de qualidade

Quadro I-1 – Extensão das vias por classe de IQ (ano 0)

Vias	IQ 1-2	IQ 2-3	IQ 3-4	Total (m)
Avenida Padre Américo E-O	400	400	50	850
Avenida Padre Américo O-E	300	440	100	840
ER 17-1	160	1 600	1 630	3 390
ER 342		130	1 160	1 290
MC 555	700	700	3 340	4 740
MC 633	200	6 890	4 000	11 090
MD 1203 / MD 1153		1 300	3 270	4 570
MD 1205-1	100	800	1 360	2 260
MD 1207 / MD 1208		1 540	4 200	5 740
MD 1214	100	400	1 100	1 600
MD 1217			800	800
MD 556		200	1 670	1 870
MD 564		500	4 430	4 930
MD 568		100	2 820	2 920
Rua 25 de Abril	300	500	200	1 000
Rua da Estação	110			110
Rua do Boqueiro		120	200	320
Rua Dr Mota Pinto		300	560	860
Rua S. C. Lopes	80			80
Rua Vialonga/Souravas	1 300	2 600	560	4 460
Rua Z.I.		300	410	710
Rua Z.I. II		220		220
Rua Z.I. III		300	520	820
Rua Z.I. IV			230	230
Total	3 750	19 340	32 610	55 700

Quadro I-2 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos, na via ER 342 (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via ER 342					
0			130	1 160	1 290
1		30	100	1 160	1 290
2		30	100	1 160	1 290
3		130		1 160	1 290
4	30	100		1 160	1 290
5	30	100		1 160	1 290
6	130			1 160	1 290
7	130			1 160	1 290
8	130			1 160	1 290
9	130			1 160	1 290
10	130		200	960	1 290

Quadro I-3 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MC 555 (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via MC 555					
0		700	700	3 340	4 740
1	700		700	3 340	4 740
2	700	100	600	3 340	4 740
3	700	200	500	3 340	4 740
4	700	500	200	3 340	4 740
5	700	500	200	3 340	4 740
6	700	600	100	3 340	4 740

Quadro I-3 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MC 555 (sem intervenções - AASHTO) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via MC 555					
7	900	500		3 340	4 740
8	1 200	200		3 340	4 740
9	1 200	200		3 340	4 740
10	1 400			3 340	4 740

Quadro I-4 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via ER 342 (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via MC 633					
0		200	6 890	4 000	11 090
1	200		6 890	4 000	11 090
2	200	500	6 390	4 000	11 090
3	200	2 800	4 090	4 000	11 090
4	700	6 390		4 000	11 090
5	3 600	3 490		4 000	11 090
6	7 090			4 000	11 090
7	7 090			4 000	11 090
8	7 090			4 000	11 090
9	7 090			4 000	11 090
10	7 090			4 000	11 090

Quadro I-5 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MD 1205-1 (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via MD 1205-1					
0		100	800	1 360	2 260
1	100		800	1 360	2 260
2	100		800	1 360	2 260
3	100		800	1 360	2 260
4	100	200	600	1 360	2 260
5	100	500	300	1 360	2 260
6	100	800		1 360	2 260
7	300	600		1 360	2 260
8	600	300		1 360	2 260
9	900			1 360	2 260
10	900			1 360	2 260

Quadro I-6 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MD 568 (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via MD 568					
0			100	2 820	2 920
1			100	2 820	2 920
2			100	2 820	2 920
3			100	2 820	2 920
4			100	2 820	2 920
5			100	2 820	2 920
6		100		2 820	2 920

Quadro I-6 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via MD 568 (sem intervenções - AASHTO) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Via MD 568					
7		100		2 820	2 920
8		100		2 820	2 920
9	100			2 820	2 920
10	100			2 820	2 920

Quadro I-7 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua 25 de Abril (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Rua 25 de Abril					
0		300	500	200	1 000
1	300		500	200	1 000
2	300	100	400	200	1 000
3	300	400	100	200	1 000
4	300	500		200	1 000
5	600	200		200	1 000
6	800			200	1 000
7	800			200	1 000
8	800			200	1 000
9	800			200	1 000
10	800			200	1 000

Quadro I-8 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua da Estação (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Rua da Estação					
0		110			110
1	110				110
2	110				110
3	110				110
4	110				110
5	110				110
6	110				110
7	110				110
8	110				110
9	110				110
10	110				110

Quadro I-9 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua S. C. Lopes (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Rua S. C. Lopes					
0		80			80
1	80				80
2	80				80
3	80				80
4	80				80
5	80				80
6	80				80

Quadro I-9 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua S. C. Lopes (sem intervenções - AASHTO) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Rua S. C. Lopes					
7	80				80
8	80				80
9	80				80
10	80				80

Quadro I-10 – Previsão da evolução da extensão (em metros) em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na via Rua da Estação (sem intervenções - AASHTO)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	Total (m)
Rua da Estação					
0		110			110
1	110				110
2	110				110
3	110				110
4	110				110
5	110				110
6	110				110
7	110				110
8	110				110
9	110				110
10	110				110
0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total

Quadro I-11 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo de 10 anos na Avenida Padre Américo E-O (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Avenida Padre Américo E-O						
0	0	0,470588235	0,470588235	0,058823529	0	1
1	0,16	0,376470588	0,410588235	0,052941176	0	1
2	0,288	0,305952941	0,3584	0,047647059	0	1
3	0,392024	0,252104941	0,312988706	0,042882353	0	1
4	0,47773968	0,21020768	0,273458522	0,038594118	0	1
5	0,549210291	0,177021262	0,239033741	0,034734706	0	1
6	0,60939752	0,150298757	0,209042488	0,031261235	0	1
7	0,660499098	0,128463128	0,182902663	0,028135112	0	1
8	0,704176561	0,110392037	0,160109801	0,025321601	0	1
9	0,741709854	0,095274117	0,140226589	0,022789441	0	1
10	0,774103053	0,08251264	0,122873811	0,020510496	0	1

Quadro I-12 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Avenida Padre Américo O-E						
0	0	0,357142857	0,523809524	0,119047619	0	1
1	0,121428571	0,309047619	0,462380952	0,107142857	0	1
2	0,226504762	0,268704762	0,408361905	0,096428571	0	1
3	0,317864381	0,23451581	0,360834095	0,086785714	0	1
4	0,397599756	0,205297208	0,318995893	0,078107143	0	1
5	0,467400807	0,180155582	0,282147183	0,070296429	0	1
6	0,528653705	0,15840329	0,24967622	0,063266786	0	1
7	0,582510823	0,139500842	0,221048228	0,056940107	0	1
8	0,629941109	0,123017308	0,195795486	0,051246096	0	1

Quadro I-12 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (sem intervenções - Markov) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Avenida Padre Américo O-E						
9	0,671766994	0,108602791	0,173508728	0,046121487	0	1
10	0,708691943	0,095969064	0,153829655	0,041509338	0	1

Quadro I-13 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1203 / MD 1153 (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1203 / MD 1153						
0	0	0	0,284463895	0,715536105	0	1
1	0	0,039824945	0,31619256	0,643982495	0	1
2	0,013540481	0,070551422	0,336323851	0,579584245	0	1
3	0,037527965	0,093649278	0,347196937	0,521625821	0	1
4	0,069368719	0,110416095	0,350751947	0,469463239	0	1
5	0,106910192	0,121979895	0,348592999	0,422516915	0	1
6	0,148383356	0,129309751	0,34204167	0,380265223	0	1
7	0,192348671	0,133230269	0,332182359	0,342238701	0	1
8	0,237646963	0,134437508	0,319900699	0,308014831	0	1
9	0,283355715	0,133514853	0,305916084	0,277213348	0	1
10	0,328750765	0,130948055	0,290809167	0,249492013	0	1

Quadro I-14 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1207 / MD 1208 (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1207 / MD 1208						
0	0	0	0,268292683	0,731707317	0	1
1	0	0,037560976	0,303902439	0,658536585	0	1

Quadro I-14 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1207 / MD 1208 (sem intervenções - Markov) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1207 / MD 1208						
2	0,012770732	0,067336585	0,327209756	0,592682927	0	1
3	0,035665171	0,090251512	0,340668683	0,533414634	0	1
4	0,066350685	0,107259614	0,346316531	0,480073171	0	1
5	0,102818954	0,119275659	0,345839534	0,432065854	0	1
6	0,143372678	0,12713947	0,340628584	0,388859268	0	1
7	0,186600097	0,131600052	0,331826509	0,349973341	0	1
8	0,231344115	0,133311746	0,320368132	0,314976007	0	1
9	0,276670109	0,132837291	0,307014194	0,283478407	0	1
10	0,321834787	0,130654599	0,292380048	0,255130566	0	1

Quadro I-15 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1214 (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1214						
0	0	0,0625	0,25	0,6875	0	1
1	0,02125	0,07625	0,28375	0,61875	0	1
2	0,047175	0,09005	0,3059	0,556875	0	1
3	0,077792	0,102259	0,3187615	0,5011875	0	1
4	0,11256006	0,11211755	0,32425364	0,45106875	0	1
5	0,150680027	0,119393093	0,323965005	0,405961875	0	1
6	0,191273678	0,124154542	0,319206092	0,365365688	0	1
7	0,233486223	0,126630851	0,311053808	0,328829119	0	1
8	0,276540712	0,127123894	0,300389187	0,295946207	0	1
9	0,319762836	0,125956256	0,287929321	0,266351586	0	1
10	0,362587963	0,123441234	0,274254375	0,239716428	0	1

Quadro I-16 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 1217 (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1217						
0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0,1	0,9	0	1
2	0	0,014	0,176	0,81	0	1
3	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
4	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
5	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
6	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1
7	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
8	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1
9	0,165750817	0,121596015	0,325232679	0,387420489	0	1
10	0,207093462	0,125785945	0,318442153	0,34867844	0	1

Quadro I-17 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 556 (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 556						
0	0	0	0,106951872	0,893048128	0	1
1	0	0,014973262	0,181283422	0,803743316	0	1
2	0,005090909	0,035262032	0,236278075	0,723368984	0	1
3	0,01708	0,056351872	0,275536043	0,651032086	0	1
4	0,036239636	0,075767281	0,302064205	0,585928877	0	1
5	0,062000512	0,092295394	0,318368104	0,527335989	0	1
6	0,093380946	0,105486495	0,326530169	0,47460239	0	1
7	0,129246354	0,11533531	0,328276184	0,427142151	0	1
8	0,16846036	0,122079971	0,325031733	0,384427936	0	1

Quadro I-17 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 556 (sem intervenções - Markov) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 556						
9	0,20996755	0,126077223	0,317970084	0,345985143	0	1
10	0,252833806	0,127726779	0,308052787	0,311386628	0	1

Quadro I-18 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via MD 564 (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 564						
0	0	0	0,101419858	0,898580142	0	1
1	0	0,01419878	0,177079092	0,808722128	0	1
2	0,004827585	0,034162268	0,233160232	0,727849915	0	1
3	0,016442756	0,055189529	0,273302791	0,655064924	0	1
4	0,035207196	0,07468748	0,300546893	0,589558431	0	1
5	0,060600939	0,091370302	0,317426171	0,530602588	0	1
6	0,091666842	0,104744063	0,326046766	0,477542329	0	1
7	0,127279823	0,114777629	0,328154451	0,429788096	0	1
8	0,166304217	0,121694858	0,325191638	0,386809287	0	1
9	0,207680469	0,125845436	0,318345737	0,348128358	0	1
10	0,250467917	0,127626391	0,30859017	0,313315522	0	1

Quadro I-19 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua do Boqueiro (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua do Boqueiro						
0	0	0	0,375	0,625	0	1
1	0	0,0525	0,385	0,5625	0	1

Quadro I-19 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua do Boqueiro (sem intervenções - Markov) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua do Boqueiro						
2	0,01785	0,08855	0,38735	0,50625	0	1
3	0,047957	0,112672	0,383746	0,455625	0	1
4	0,08626548	0,12808796	0,37558406	0,4100625	0	1
5	0,129815386	0,137119822	0,364008542	0,36905625	0	1
6	0,176436126	0,141460278	0,349952971	0,332150625	0	1
7	0,224532621	0,1423572	0,334174617	0,298935563	0	1
8	0,272934068	0,140740198	0,317283727	0,269042006	0	1
9	0,320785736	0,137308253	0,299768206	0,242137806	0	1
10	0,367470542	0,132590996	0,282014438	0,217924025	0	1

Quadro I-20 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Dr. Mota Pinto (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Dr. Mota Pinto						
0	0	0	0,348837209	0,651162791	0	1
1	0	0,048837209	0,365116279	0,586046512	0	1
2	0,016604651	0,083348837	0,372604651	0,52744186	0	1
3	0,044943256	0,107174884	0,373184186	0,474697674	0	1
4	0,081382716	0,122981209	0,368408167	0,427227907	0	1
5	0,123196327	0,132744742	0,359553815	0,384505116	0	1
6	0,16832954	0,137949064	0,347666792	0,346054605	0	1
7	0,215232221	0,139719733	0,333598902	0,311449144	0	1
8	0,26273693	0,13891887	0,31803997	0,28030423	0	1
9	0,309969346	0,13621205	0,301544797	0,252273807	0	1
10	0,356281443	0,132116225	0,284555906	0,227046426	0	1

Quadro I-21 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Vialonga/Souravas (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Vialonga/Souravas						
0	0	0,291479821	0,582959664	0,125560516	0	1
1	0,099103139	0,273991035	0,513901362	0,113004464	0	1
2	0,192260091	0,252780274	0,453255618	0,101704018	0	1
3	0,278205384	0,230290767	0,399970233	0,091533616	0	1
4	0,356504245	0,207987739	0,353127762	0,082380254	0	1
5	0,427220076	0,186709794	0,311927901	0,074142229	0	1
6	0,490701406	0,16689837	0,275672218	0,066728006	0	1
7	0,547446852	0,148747035	0,243750908	0,060055205	0	1
8	0,598020844	0,13229817	0,215631301	0,054049685	0	1
9	0,643002222	0,117505174	0,190847888	0,048644716	0	1
10	0,682953981	0,104272119	0,168993655	0,043780245	0	1

Quadro I-22 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. II (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Z. I. II						
0	0	0	1	0	0	1
1	0	0,14	0,86	0	0	1
2	0,0476	0,2128	0,7396	0	0	1
3	0,119952	0,243992	0,636056	0	0	1
4	0,20290928	0,25008256	0,54700816	0	0	1
5	0,28793735	0,241635632	0,470427018	0	0	1
6	0,370093465	0,2253393	0,404567235	0	0	1
7	0,446708827	0,205363351	0,347927822	0	0	1
8	0,516532366	0,184249707	0,299217927	0	0	1

Quadro I-22 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. II (sem intervenções - Markov) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Z. I. II						
9	0,579177267	0,163495316	0,257327417	0	0	1
10	0,634765674	0,143932747	0,221301579	0	0	1

Quadro I-23 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via Rua Z. I. III (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Z. I. III						
0	0	0	0,365853659	0,634146341	0	1
1	0	0,051219512	0,37804878	0,570731707	0	1
2	0,017414634	0,086731707	0,382195122	0,513658537	0	1
3	0,046903415	0,110750244	0,380053659	0,462292683	0	1
4	0,084558498	0,126302673	0,373075415	0,416063415	0	1
5	0,127501406	0,135590322	0,362451198	0,374457073	0	1
6	0,173602116	0,14023278	0,349153738	0,337011366	0	1
7	0,221281261	0,141435158	0,333973351	0,303310229	0	1
8	0,269369215	0,140103474	0,317548105	0,272979206	0	1
9	0,317004396	0,136925027	0,300389291	0,245681286	0	1
10	0,363558906	0,132425019	0,282902919	0,221113157	0	1

Quadro I-24 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. IV (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Z. I. IV						
0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0,1	0,9	0	1

Quadro I-24 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Z. I. IV (sem intervenções - Markov) (Cont.)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Z. I. IV						
2	0	0,014	0,176	0,81	0	1
3	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
4	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
5	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
6	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1
7	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
8	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1
9	0,165750817	0,121596015	0,325232679	0,387420489	0	1
10	0,207093462	0,125785945	0,318442153	0,34867844	0	1

Quadro I-25 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na Rua Zona Industrial (sem intervenções - Markov)

Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Zona Industrial						
0	0	0	0,422535211	0,577464789	0	1
1	0	0,05915493	0,421126761	0,51971831	0	1
2	0,020112676	0,098	0,414140845	0,467746479	0	1
3	0,053432676	0,122659718	0,402935775	0,420971831	0	1
4	0,09513698	0,137366423	0,388621949	0,378874648	0	1
5	0,141841564	0,145068912	0,372102341	0,340987183	0	1
6	0,191164994	0,14783981	0,354106732	0,306888465	0	1
7	0,241430529	0,147149217	0,335220636	0,276199618	0	1
8	0,291461263	0,144049372	0,315909709	0,248579656	0	1
9	0,340438049	0,139299945	0,296540315	0,223721691	0	1
10	0,387800031	0,133453608	0,27739684	0,201349522	0	1

Quadro I-26 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ, ao longo dos 10 anos na via ER 17-1 (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
ER 17-1						
0	0	0	3390	0	0	3390
1	0	0	0	3390	0	3390
2	0	0	0	3390	0	3390
3	0	0	0	3390	0	3390
4	0	0	0	3390	0	3390
5	0	0	0	3390	0	3390
6	0	0	0	3390	0	3390
7	0	0	0	3390	0	3390
8	0	0	0	3390	0	3390
9	0	0	0	3390	0	3390
10	0	0	0	3390	0	3390

Quadro I-27 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via ER 342 (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
ER 342						
0	0	0	0	1290	0	1290
1	0	0	0	1290	0	1290
2	0	0	0	1290	0	1290
3	0	0	0	1290	0	1290
4	0	0	0	1290	0	1290
5	0	0	0	1290	0	1290
6	0	0	0	1290	0	1290

Quadro I-27 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via ER 342 (com intervenções do tipo 2) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
ER 342						
7	0	0	0	1290	0	1290
8	0	0	0	1290	0	1290
9	0	0	0	1290	0	1290
10	0	0	0	1290	0	1290

Quadro I-28 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MC 555 (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MC 555						
0	0	0	0	4740	0	4740
1	0	0	0	4740	0	4740
2	0	0	0	4740	0	4740
3	0	0	0	4740	0	4740
4	0	0	0	4740	0	4740
5	0	0	0	4740	0	4740
6	0	0	0	4740	0	4740
7	0	0	0	4740	0	4740
8	0	0	0	4740	0	4740
9	0	0	0	4740	0	4740
10	0	0	0	4740	0	4740

Quadro I-29 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MC 633 (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MC 633						
0	0	0	11090	0	0	11090
1	0	0	11090	0	0	11090
2	0	0	11090	0	0	11090
3	0	0	0	11090	0	11090
4	0	0	0	11090	0	11090
5	0	0	0	11090	0	11090
6	0	0	0	11090	0	11090
7	0	0	0	11090	0	11090
8	0	0	0	11090	0	11090
9	0	0	0	11090	0	11090
10	0	0	0	11090	0	11090

Quadro I-30 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1205-1 (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1205-1						
0	0	0	0	2260	0	2260
1	0	0	0	2260	0	2260
2	0	0	0	2260	0	2260
3	0	0	0	2260	0	2260
4	0	0	0	2260	0	2260
5	0	0	0	2260	0	2260
6	0	0	0	2260	0	2260

Quadro I-30 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1205-1 (com intervenções do tipo 2) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1205-1						
7	0	0	0	2260	0	2260
8	0	0	0	2260	0	2260
9	0	0	0	2260	0	2260
10	0	0	0	2260	0	2260

Quadro I-31 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 568 (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 568						
0	0	0	0	2920	0	2920
1	0	0	0	2920	0	2920
2	0	0	0	2920	0	2920
3	0	0	0	2920	0	2920
4	0	0	0	2920	0	2920
5	0	0	0	2920	0	2920
6	0	0	0	2920	0	2920
7	0	0	0	2920	0	2920
8	0	0	0	2920	0	2920
9	0	0	0	2920	0	2920
10	0	0	0	2920	0	2920

Quadro I-32 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua 25 de Abril (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua 25 de Abril						
0	0	0	1000	0	0	1000
1	0	0	1000	0	0	1000
2	0	0	1000	0	0	1000
3	0	0	0	1000	0	1000
4	0	0	0	1000	0	1000
5	0	0	0	1000	0	1000
6	0	0	0	1000	0	1000
7	0	0	0	1000	0	1000
8	0	0	0	1000	0	1000
9	0	0	0	1000	0	1000
10	0	0	0	1000	0	1000

Quadro I-33 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua da Estação (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua da Estação						
0	0	0	0	110	0	110
1	0	0	0	110	0	110
2	0	110	0	0	0	110
3	0	0	0	110	0	110
4	0	0	0	110	0	110
5	0	110	0	0	0	110
6	0	0	0	110	0	110

Quadro I-33 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua da Estação (com intervenções do tipo 2) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua da Estação						
7	0	0	0	110	0	110
8	0	110	0	0	0	110
9	0	0	0	110	0	110
10	0	0	0	110	0	110

Quadro I-34 – Previsão da evolução da extensão da via (em metros) em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua 25 de Abril (com intervenções do tipo 2)

NMQ 2-Intervenção tipo 2						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua S. C. Lopes						
0	0	0	80	0	0	80
1	0	0	80	0	0	80
2	0	0	80	0	0	80
3	0	0	80	0	0	80
4	0	0	80	0	0	80
5	0	0	80	0	0	80
6	0	0	80	0	0	80
7	0	0	80	0	0	80
8	0	0	80	0	0	80
9	0	0	80	0	0	80
10	0	0	80	0	0	80

Quadro I-35 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Vialonga/Souravas (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Vialonga/Souravas						
0	0	0,291479821	0,582959664	0,125560516	0	1
1	0,099103139	0,273991035	0,513901362	0,113004464	0	1
2	0	0	0	1	0	1
3	0	0	0,1	0,9	0	1
4	0	0,014	0,176	0,81	0	1
5	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
6	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
7	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
8	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1
9	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
10	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1

Quadro I-36 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via Avenida Padre Américo E-O (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Avenida Padre Américo E-O						
0	0	0,470588235	0,470588235	0,058823529	0	1
1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	0,1	0,9	0	1
3	0	0,014	0,176	0,81	0	1
4	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
5	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
6	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1

Quadro I-36 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo E-O (com intervenções do tipo B) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Avenida Padre Américo E-O						
7	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1
8	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
9	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1
10	0,165750817	0,121596015	0,325232679	0,387420489	0	1

Quadro I-37 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1217 Souravas (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1217						
0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0,1	0,9	0	1
2	0	0,014	0,176	0,81	0	1
3	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
4	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
5	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
6	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1
7	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
8	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1
9	0,165750817	0,121596015	0,325232679	0,387420489	0	1
10	0,207093462	0,125785945	0,318442153	0,34867844	0	1

Quadro I-38 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Avenida Padre Américo O-E						
0	0	0,357142857	0,523809524	0,119047619	0	1
1	0,121428571	0,309047619	0,462380952	0,107142857	0	1
2	0	0	0	1	0	1
3	0	0	0,1	0,9	0	1
4	0	0,014	0,176	0,81	0	1
5	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
6	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
7	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
8	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1
9	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
10	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1

Quadro I-39 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1203/MD 1153 (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1203/MD 1153						
0	0	0	0,284463895	0,715536105	0	1
1	0	0,039824945	0,31619256	0,643982495	0	1
2	0,013540481	0,070551422	0,336323851	0,579584245	0	1
3	0,037527965	0,093649278	0,347196937	0,521625821	0	1
4	0,069368719	0,110416095	0,350751947	0,469463239	0	1
5	0,106910192	0,121979895	0,348592999	0,422516915	0	1
6	0,148383356	0,129309751	0,34204167	0,380265223	0	1

Quadro I-39 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Avenida Padre Américo O-E (com intervenções do tipo B) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1203/MD 1153						
7	0,192348671	0,133230269	0,332182359	0,342238701	0	1
8	0,237646963	0,134437508	0,319900699	0,308014831	0	1
9	0,283355715	0,133514853	0,305916084	0,277213348	0	1
10	0	0	0	1	0	1

Quadro I-40 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1207/MD 1208 (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1207/MD 1208						
0	0	0	0,268292683	0,731707317	0	1
1	0	0,037560976	0,303902439	0,658536585	0	1
2	0,012770732	0,067336585	0,327209756	0,592682927	0	1
3	0,035665171	0,090251512	0,340668683	0,533414634	0	1
4	0,066350685	0,107259614	0,346316531	0,480073171	0	1
5	0,102818954	0,119275659	0,345839534	0,432065854	0	1
6	0,143372678	0,12713947	0,340628584	0,388859268	0	1
7	0,186600097	0,131600052	0,331826509	0,349973341	0	1
8	0,231344115	0,133311746	0,320368132	0,314976007	0	1
9	0,276670109	0,132837291	0,307014194	0,283478407	0	1
10	0	0	0	1	0	1

Quadro I-41 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 1214 (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 1214						
0	0	0,0625	0,25	0,6875	0	1
1	0,02125	0,07625	0,28375	0,61875	0	1
2	0,047175	0,09005	0,3059	0,556875	0	1
3	0,077792	0,102259	0,3187615	0,5011875	0	1
4	0,11256006	0,11211755	0,32425364	0,45106875	0	1
5	0,150680027	0,119393093	0,323965005	0,405961875	0	1
6	0,191273678	0,124154542	0,319206092	0,365365688	0	1
7	0,233486223	0,126630851	0,311053808	0,328829119	0	1
8	0,276540712	0,127123894	0,300389187	0,295946207	0	1
9	0,319762836	0,125956256	0,287929321	0,266351586	0	1
10	0	0	0	1	0	1

Quadro I-42 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 556 (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 556						
0	0	0	0,106951872	0,893048128	0	1
1	0	0,014973262	0,181283422	0,803743316	0	1
2	0,005090909	0,035262032	0,236278075	0,723368984	0	1
3	0,01708	0,056351872	0,275536043	0,651032086	0	1
4	0,036239636	0,075767281	0,302064205	0,585928877	0	1
5	0,062000512	0,092295394	0,318368104	0,527335989	0	1
6	0,093380946	0,105486495	0,326530169	0,47460239	0	1

Quadro I-42 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 556 (com intervenções do tipo B) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 556						
7	0,129246354	0,11533531	0,328276184	0,427142151	0	1
8	0,16846036	0,122079971	0,325031733	0,384427936	0	1
9	0,20996755	0,126077223	0,317970084	0,345985143	0	1
10	0,252833806	0,127726779	0,308052787	0,311386628	0	1

Quadro I-43 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via MD 564 (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
MD 564						
0	0	0	0,101419858	0,898580142	0	1
1	0	0,01419878	0,177079092	0,808722128	0	1
2	0,004827585	0,034162268	0,233160232	0,727849915	0	1
3	0,016442756	0,055189529	0,273302791	0,655064924	0	1
4	0,035207196	0,07468748	0,300546893	0,589558431	0	1
5	0,060600939	0,091370302	0,317426171	0,530602588	0	1
6	0,091666842	0,104744063	0,326046766	0,477542329	0	1
7	0,127279823	0,114777629	0,328154451	0,429788096	0	1
8	0,166304217	0,121694858	0,325191638	0,386809287	0	1
9	0,207680469	0,125845436	0,318345737	0,348128358	0	1
10	0,250467917	0,127626391	0,30859017	0,313315522	0	1

Quadro I-44 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua do Boqueiro (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua do Boqueiro						
0	0	0	0,375	0,625	0	1
1	0	0,0525	0,385	0,5625	0	1
2	0,01785	0,08855	0,38735	0,50625	0	1
3	0,047957	0,112672	0,383746	0,455625	0	1
4	0,08626548	0,12808796	0,37558406	0,4100625	0	1
5	0,129815386	0,137119822	0,364008542	0,36905625	0	1
6	0,176436126	0,141460278	0,349952971	0,332150625	0	1
7	0,224532621	0,1423572	0,334174617	0,298935563	0	1
8	0,272934068	0,140740198	0,317283727	0,269042006	0	1
9	0	0	0	1	0	1
10	0	0	0,1	0,9	0	1

Quadro I-45 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Dr. Mota Pinto (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Dr. Mota Pinto						
0	0	0	0,348837209	0,651162791	0	1
1	0	0,048837209	0,365116279	0,586046512	0	1
2	0,016604651	0,083348837	0,372604651	0,52744186	0	1
3	0,044943256	0,107174884	0,373184186	0,474697674	0	1
4	0,081382716	0,122981209	0,368408167	0,427227907	0	1
5	0,123196327	0,132744742	0,359553815	0,384505116	0	1
6	0,16832954	0,137949064	0,347666792	0,346054605	0	1

Quadro I-45 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Dr. Mota Pinto (com intervenções do tipo B) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Dr. Mota Pinto						
7	0,215232221	0,139719733	0,333598902	0,311449144	0	1
8	0,26273693	0,13891887	0,31803997	0,28030423	0	1
9	0	0	0	1	0	1
10	0	0	0,1	0,9	0	1

Quadro I-46 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. II (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
R. Z. I. II						
0	0	0	1	0	0	1
1	0	0,14	0,86	0	0	1
2	0,0476	0,2128	0,7396	0	0	1
3	0,119952	0,243992	0,636056	0	0	1
4	0	0	0	1	0	1
5	0	0	0,1	0,9	0	1
6	0	0,014	0,176	0,81	0	1
7	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
8	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
9	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
10	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1

Quadro I-47 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. III (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
R. Z. I. III						
0	0	0	0,365853659	0,634146341	0	1
1	0	0,051219512	0,37804878	0,570731707	0	1
2	0,017414634	0,086731707	0,382195122	0,513658537	0	1
3	0,046903415	0,110750244	0,380053659	0,462292683	0	1
4	0,084558498	0,126302673	0,373075415	0,416063415	0	1
5	0,127501406	0,135590322	0,362451198	0,374457073	0	1
6	0,173602116	0,14023278	0,349153738	0,337011366	0	1
7	0,221281261	0,141435158	0,333973351	0,303310229	0	1
8	0,269369215	0,140103474	0,317548105	0,272979206	0	1
9	0	0	0	1	0	1
10	0	0	0,1	0,9	0	1

Quadro I-48 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. IV (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
R. Z. I. IV						
0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0,1	0,9	0	1
2	0	0,014	0,176	0,81	0	1
3	0,00476	0,03388	0,23236	0,729	0	1
4	0,0162792	0,0548912	0,2727296	0,6561	0	1
5	0,034942208	0,074410336	0,300157456	0,59049	0	1
6	0,060241722	0,091132866	0,317184412	0,531441	0	1

Quadro I-48 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. IV (com intervenções do tipo B) (Cont.)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
R. Z. I. IV						
7	0,091226897	0,104553509	0,325922694	0,4782969	0	1
8	0,12677509	0,114634493	0,328123207	0,43046721	0	1
9	0,165750817	0,121596015	0,325232679	0,387420489	0	1
10	0,207093462	0,125785945	0,318442153	0,34867844	0	1

Quadro I-49 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via R. Z. I. (com intervenções do tipo B)

NMQ 2-Intervenção tipo B						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
R. Z. I.						
0	0	0	0,422535211	0,577464789	0	1
1	0	0,05915493	0,421126761	0,51971831	0	1
2	0,020112676	0,098	0,414140845	0,467746479	0	1
3	0,053432676	0,122659718	0,402935775	0,420971831	0	1
4	0,09513698	0,137366423	0,388621949	0,378874648	0	1
5	0,141841564	0,145068912	0,372102341	0,340987183	0	1
6	0,191164994	0,14783981	0,354106732	0,306888465	0	1
7	0,241430529	0,147149217	0,335220636	0,276199618	0	1
8	0,291461263	0,144049372	0,315909709	0,248579656	0	1
9	0	0	0	1	0	1
10	0	0	0,1	0,9	0	1

Quadro I-50 – Previsão da evolução da proporção da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na Rua Vialonga/Souravas (com intervenções do tipo MB)

NMQ 2,5-Intervenção tipo MB						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
Rua Vialonga/Souravas						
0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0,04	0,96	1
2	0	0	0,004	0,0744	0,9216	1
3	0	0,00056	0,01088	0,103824	0,884736	1
4	0,0001904	0,0018928	0,0197392	0,12883104	0,84934656	1
5	0,000833952	0,004012736	0,029858816	0,149921798	0,815372698	1
6	0,002198282	0,00682864	0,040670762	0,167544526	0,78275779	1
7	0,00452002	0,010200809	0,051731308	0,182100385	0,751447478	1
8	0,007988295	0,013974917	0,062698963	0,193948246	0,721389579	1
9	0,012739767	0,0180013	0,073315933	0,203409005	0,692533996	1
10	0,018860209	0,022145089	0,083392603	0,210769464	0,664832636	1

Quadro I-51 – Previsão da evolução da extensão da via em cada classe de IQ ao longo dos 10 anos na via ER 17-1 (com intervenções do tipo 5)

NMQ 2,5-Intervenção tipo 5						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
ER 17-1						
0	0	0	0	3390	0	3390
1	0	0	0	3390	0	3390
2	0	0	0	3390	0	3390
3	0	0	0	3390	0	3390
4	0	0	0	3390	0	3390
5	0	0	0	3390	0	3390
6	0	0	0	3390	0	3390

Quadro I-51 – Projeção da evolução do IQ ao longo dos 10 anos na via ER 17-1 (com intervenções - AASHTO) (Cont.)

NMQ 2,5-Intervenção tipo 5						
Ano	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	Total
ER 17-1						
7	0	0	0	3390	0	3390
8	0	0	0	3390	0	3390
9	0	0	0	3390	0	3390
10	0	0	0	3390	0	3390

APÊNDICE II. Avaliação do estado de conservação da drenagem e da sinalização

Quadro II-1 – Marcas rodoviárias por freguesia e no município

Freguesias/Marcas rodoviárias	Classificação/ extensão (%)				Classificação/extensão (m)				Total (%)	Total (m)
	1	2	3	(em branco)	1	2	3	(em branco)		
Miranda do Corvo	1,35	37,41	14,68	46,55	530	14 640	5 745	18 216	100,00	39 131
Linha contínua	0,49	15,28	7,46		190	5 980	2 920		23,26	9 100
Linha descontínua	0,87	22,13	7,2		340	8 660	2 825		30,30	11 855
Não visível				46,55				18 216	46,55	18 216
União das freguesias de Semide e Rio Vide	44,00	15,66	3,41	36,93	4 130	1 470	320	3 466	100,00	9 386
Linha contínua	2,02	7,14	1,92		190	670	180		11,08	1 040
Linha descontínua	41,98	8,52	1,49		3 940	800	140		51,99	4 880
Não visível				36,93				3 466	36,93	3 466
Vila Nova			7,29	92,71			470	5 974	100,00	6 444
Linha contínua			1,09				70		1,09	70
Linha descontínua			6,21				400		6,21	400
Não visível				92,71				5 974	92,71	5 974
Total rede	45,36	53,08	25,38		4 660	16 110	6 535	27 655		54 960

Quadro II-2 - Órgãos de drenagem (AH) por freguesia e no município

Freguesias	Classificação/ extensão (%)				Classificação/extensão (m)				Total (%)	Total (m)
	1	2	3	(blank)	1	2	3	(blank)		
Miranda do Corvo	2,94%	23,53%	64,71%	8,82%	1	8	22	3	100,00	34
União das freguesias de Semide e Rio Vide	0,00%	54,17%	0,00%	45,83%		13		11	100,00	24
Vila Nova	0,00%	33,33%	16,67%	50,00%		4	2	6	100,00	12
Grand Total	1,43%	35,71%	34,29%	28,57%	1	25	24	20	100,00	70

Quadro II-3 - Marcas rodoviárias (passagens para peões) por freguesia e no município

Freguesias/Marcas Rodoviárias	Classificação/Quantidades			Classificação/Percentagem			Total	Total (%)
	1	2	3	1	2	3		
Miranda do Corvo	4	36	43	4,82%	43,37%	51,81%	83	100,00
Passadeira	4	27	40	5,63%	38,03%	56,34%	71	100,00
Passadeira trapezoidal		9	3	0,00%	75,00%	25,00%	12	100,00
União das freguesias de Semide e Rio Vide	3	4	3	30,00%	40,00%	30,00%	10	100,00
Passadeira	2	3	3	25,00%	37,50%	37,50%	8	100,00
Passadeira trapezoidal	1	1		50,00%	50,00%	0,00%	2	100,00
Vila Nova		4		0,00%	100,00%	0,00%	4	100,00
Passadeira		4		0,00%	100,00%	0,00%	4	100,00
Total rede	7	44	46	7,22%	45,36%	47,42%	97	100,00